

The background of the page features an abstract graphic design. It consists of three concentric circles in shades of blue, arranged vertically. The top circle is the largest, the middle one is the smallest, and the bottom one is the largest. Two thin, light blue lines intersect at a point between the top and middle circles, extending diagonally across the page. The bottom circle is partially cut off by the bottom edge of the page.

Supervision et régulation sécheur de poudre à lit fluidisé

Travail de diplôme 2009

**Martins Joël
Mai – Juin – Juillet 2009**

Commande et régulation d'un système de séchage à lit fluidisé

Diplômant/e Joël Martins

Objectif du projet

Sur une installation de séchage de poudre à lit fluidisé, l'acquisition et le stockage des données devra être mis en place, et le débit air ainsi que le débit de la pompe de pulvérisation seront régulés.

Méthodes | Expériences | Résultats

Selon le cahier des charges, la modification de l'installation a été réalisée. Elles sont dues à la pose du module d'entrées-sorties et du PC tactile, au remplacement de capteurs et à la pose d'un régulateur de pression.

L'acquisition des données s'est fait par le module d'entrées-sorties de chez National Instrument. Ces données sont stockées sur le PC de l'installation et sont utilisées par le programme Labview pour mettre en place la supervision et le contrôle de l'installation.

La supervision permet de voir les mesures de l'installation en instantané, dans un graphe temps réel ou dans un graphe historique qui permet l'exportation des données dans Excel. Ce programme contient la régulation du débit de la pompe de pulvérisation et de la vitesse de l'air dans la machine.

Travail de diplôme
| édition 2009 |

Filière
Systèmes industriels

Domaine d'application
Power & Control

Professeur responsable
Fariba Moghaddam
Fariba.Moghaddam@hevs.ch

Partenaire
Hes-so

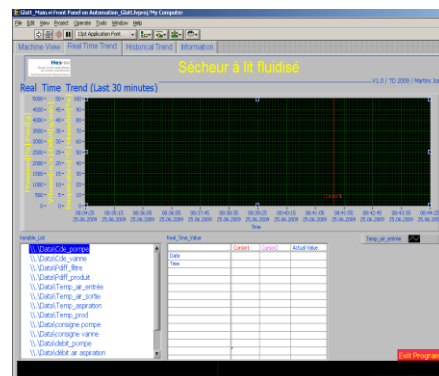
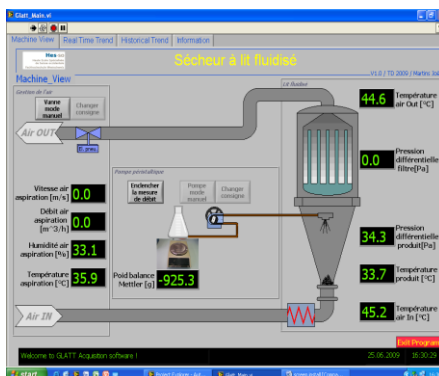


Table des matières

1.Introduction.....	3
1.1 La supervision.....	3
1.2 L'installation.....	3
2.Projet.....	4
2.1Cahier des charges.....	4
2.2Déroulement du projet.....	4
3.Description des éléments électriques et pneumatique.....	5
3.1Capteurs.....	5
3.1.1 Capteurs de pression différentielle.....	5
3.1.2 Capteur de vitesse de l'air.....	6
3.1.3 Capteurs de température IN/OUT.....	6
3.1.4 Capteurs de température et d'humidité relative.....	7
3.1.5 Capteur de température produit.....	7
3.2Régulateur de pression.....	8
3.3Pompe péristaltique et balance Mettler.....	9
3.4Ecran tactile.....	10
3.5Module d'entrées - sorties.....	11
3.5.1 Hardware.....	11
3.5.2 Software.....	11
4.Modifications mécaniques.....	14
4.1Pose des trois nouveau capteurs.....	15
4.2Régulateur de pression, distributeur et interrupteur de commande.....	17
4.3Installation du module d'entrée sortie.....	18
4.4Pose de l'écran tactile et de son coffret.....	19
4.5Autres.....	20
5.Programme.....	21
5.1Base de données.....	21
5.2Programme.....	24
5.3.1 Programme principal.....	25
5.3.2 Adaptations des variables.....	27
5.3.3 Exportation Excel.....	29
5.3.4 Acquisition des données.....	30
5.3.5 Ecriture des sorties.....	33
5.3Sous-programme.....	34
5.4Interface Homme-machine.....	36
6.Régulation.....	38
6.1Dimensionnement PID débit.....	38
6.1.1 Commande à priori.....	39
6.1.2 PID.....	40
6.2Dimensionnement PID vitesse.....	42
6.2.1 Caractérisation processus.....	42
6.2.2 Commande à priori.....	43
6.2.3 PID.....	44
7.Conclusion.....	46
8.Bibliographie.....	47
9.Annexes.....	47

1. Introduction

Dans le cadre de ce travail de diplôme, il est question d'intégrer une supervision et une régulation sur certaines grandeurs physiques d'une installation dans le domaine de l'agroalimentaire, un sécheur de poudre à lit fluidisé.

1.1 La supervision

La machine étant vieillissante, il a été décidé de la moderniser. La supervision se fera via un PC à écran tactile, et permettra une visualisation des différentes grandeurs physiques de la machine de façon instantanée ou selon évolution dans le temps.

A l'aide d'une base donnée, les informations liées aux différents essais effectués pourront être enregistré sur l'ordinateur et récupérées sur fichier Excel. Ceci sera fait à l'aide du logiciel de chez « National Instrument » « LabView ».

Ce programme permet de créer facilement une interface home/machine agréable, il est basé sur un langage de programmation graphique, ce qui permet une prise en mains très instinctive.

1.2 L'installation

Le sécheur de poudre à lit fluidisé crée un flux d'air de bas en haut, dans un cône hermétiquement fermer, soufflant de la poudre et la maintenant en suspension. Ceci permet dans une première phase de sécher cette poudre, puis selon les besoins, à l'aide d'un pulvérisateur, de procéder à l'encapsulation, à l'enrobage ou encore à l'agglomération de cette poudre. Le mode d'emploi de la machine se trouve en annexe 1.

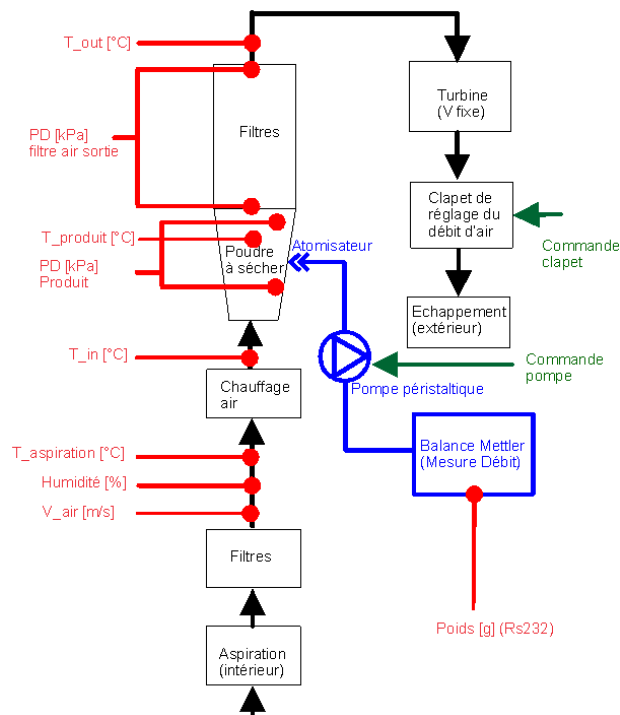


Fig.1 : Photo lit fluidisé et schéma bloc de la machine

2. Projet

Après rencontre du responsable de projet, du responsable de la halle pilote et du responsable technique, les modifications à apporter à la machine ont été décidées. Le travail de diplôme consistera à remplacer, supprimer certains éléments existants (capteurs, afficheur à bande,...), et la supervision et la régulation de l'installation se fera via le programme « LabView ». Le matériel nécessaire ainsi que la technologie utilisée pour toutes ces modifications est commandé avant le travail de diplôme. Les modifications et le déroulement du projet sont approfondis ci-dessous.

2.1 Cahier des charges

- Remplacement du capteur de vitesse de l'air à l'aspiration
- Remplacement des capteurs de pression différentielle Suppression de l'afficheur à bandes situé dans le toit en inox du coffret de commande
- Mettre en parallèle de la commande manuel du clapet d'air de sorti (potentiomètre pneumatique) un régulateur de pression avec un distributeur permettant de choisir le fonctionnement du clapet
- Récupérer les signaux de mesures de l'installation pour la supervision
- Poser l'écran tactile dans un coffret de commande relié à la machine par un bras pivotant
- Archivage et stockage des données
- Créer une base de données des signaux de mesures
- Mettre en place une régulation par PID du débit de la pompe de pulvérisation
- Mettre en place une régulation par PID de la vitesse de l'air dans la machine via le clapet réglable
- Supervision de la machine (interface home/machine)

2.2 Déroulement du projet

Le travail de diplôme c'est déroulé en deux phases. La première phase était sous forme de projet de semestre, deux demi-journées par semaine pendant les 10 semaines que comptait le semestre, puis la seconde phase à plein temps durant 8 semaines.

La particularité de ce travail de diplôme est qu'une étudiante de la filière agroalimentaire effectue son travail de diplôme en même temps que ce travail-ci. Il a donc fallu que la machine soit opérationnelle durant la totalité des deux travaux de diplôme.

En annexe 2 et 3, on peut voir l'organigramme du projet, respectivement l'organigramme de l'avancement du projet.

On peut voir que le temps estimé pour le dessin des pièces utiles aux modifications ainsi que le schéma électrique, puis la mise en place des régulateurs PID a été sous-estimée.

Le temps supplémentaire pour les dessins mécaniques et pour le schéma a été amputé à la prise en main de « LabView » qui c'est donc déroulé au fur et à mesure que de nouvelles tâches étaient à faire pour le projet.

Le temps supplémentaire pour les deux régulateurs PID a pu être absorbé par le fait que la mise en place de l'interface homme/machine s'est déroulée beaucoup plus vite que prévu.

Il y'a aussi l'inversion par rapport aux prévisions de la mise en place du régulateur de vitesse de l'air par rapport à l'interface homme/machine, du fait que l'étudiante ayant besoin de reproductibilité pour ses recherches, il a fallu changer le joint assurant l'étanchéité autour du clapet de réglage de l'air. Ceci a bloqué la machine pendant environ dix jours.

L'étudiante travaillant en parallèle commençait son travail de diplôme une semaine avant la partie à plein temps, le 04.05.2009, ce qui fait que l'usinage des différentes pièces, le câblage et les modifications sur la machine ont été effectuées durant trois semaines, du 20.04.2009 au 08.06.2009. Le fait de bloqué la machine durant la première semaine du travail de diplôme de l'étudiante n'était pas gênant, car elle n'avait pas besoin d'utiliser la machine à ce moment là. Ensuite, durant la période de travail en commun, le temps de travail entre les deux utilisateurs de la machine se partageait au jour le jour et au maximum sur une semaine.

3. Description des éléments électriques et pneumatique

Toujours dans le cadre du projet de semestre, la seconde partie des modifications est de faire un schéma électrique et pneumatique. Un nouveau schéma est dessiné pour tout le nouveau matériel afin de le câbler, et une partie est dessinée dans le schéma de l'installation. Le schéma de l'installation n'étant plus à jour, il y a été dessiné la partie pneumatique et rayé ce qui ne se trouvait plus dans l'installation. Le schéma et les modifications du schéma de l'installation se trouvent en annexe 4 et 5. Le matériel utilisé est repris en détails ci-dessous.

3.1 Capteurs

3.1.1 Capteurs de pression différentielle



Fig. 2 : Capteur de pression différentielle

Les deux capteurs de pression différentielle sont de la maison « Beck », annexe 6. Leur gamme de mesure est de 0 à 5000 Pa (0 à 50 mbar). Il faut l'alimenter en 24 VDC et il délivre un signal de sortie de 4 à 20 mA.

Ils sont là pour donner les pertes de charges dans le cône du lit fluidisé et sur les filtres au dessus du lit fluidisé.

Une incompréhension du fournisseur a fait que deux fois de suite les capteurs ont été livrés avec la mauvaise gamme de mesure, la troisième fois les bons capteurs ont été reçus.

3.1.2 Capteur de vitesse de l'air



Fig. 3 : Capteur de vitesse

Le capteur de vitesse de l'air est de la maison « KIMO », annexe 7. Il mesure à la fois la vitesse de l'air et la température, dans le cas présent la mesure de température n'est pas utilisée.

Une série de switch permet de sélectionner la gamme de mesure et l'unité utilisée, dans ce cas la gamme de mesure est fixée de 0 à 20 m/s. Il faut alimenter l'appareil avec deux fils le 0 et le 24 VDC, et le signal de mesure se récupère par deux fils, le signal et la masse. Le signal délivré par l'appareil est compris entre 4 et 20 mA.

3.1.3 Capteurs de température IN/OUT

Ces deux capteurs étaient présents sur la machine. Ils ont une gamme de mesure allant de 0 à 100°C et délivre un signal de 4 à 20 mA.

Le signal des capteurs était directement raccordé à un afficheur. La mesure étant en courant pour récupérer l'information sur le module d'acquisition il a fallu mettre en série l'afficheur et l'entrée du module.

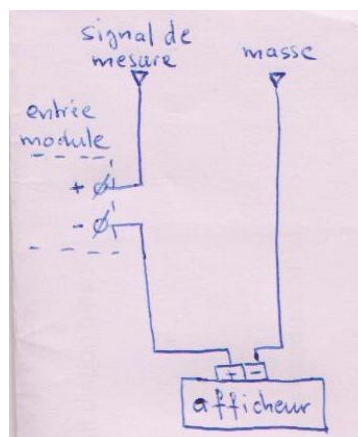


Fig.4 : Câblage en série module d'acquisition afficheur

3.1.4 Capteurs de température et d'humidité relative

Ces deux capteurs étaient présents sur la machine. Ils ont une gamme de mesure allant de 0 à 100°C et délivrent un signal de 4 à 20 mA.

Le signal des capteurs était directement raccordé à un afficheur. La mesure étant en courant pour récupérer l'information sur le module d'acquisition il a fallu mettre en série l'afficheur et l'entrée du module. Par rapport au cas précédent, il n'y a qu'une masse pour les deux signaux.

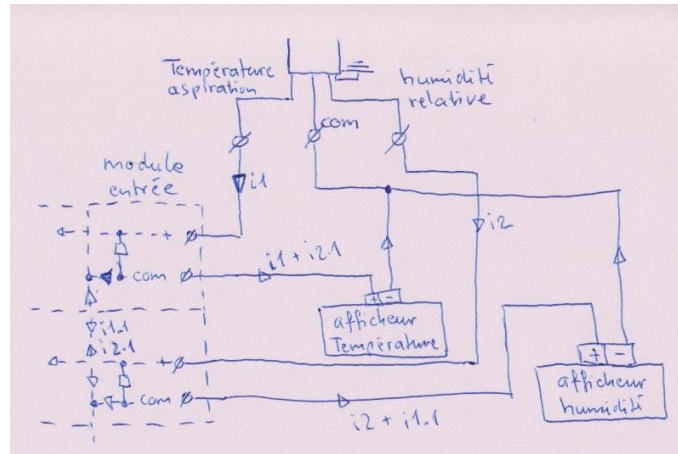


Fig.5 : Raccordement en série module d'acquisition- afficheur

En câblant de la sorte, le module d'acquisition reçoit correctement le signal mais comme les masses du module sont pontées sur la carte d'acquisition, les deux signaux se mélangeaient de façon égale sur le retour et les afficheurs avaient la même valeur sur leurs écrans.

Pour éviter ce problème, il fallait mettre d'abord l'afficheur puis le module d'acquisition en série, comme cela il n'y a plus de problème de mélange sur le retour du signal.

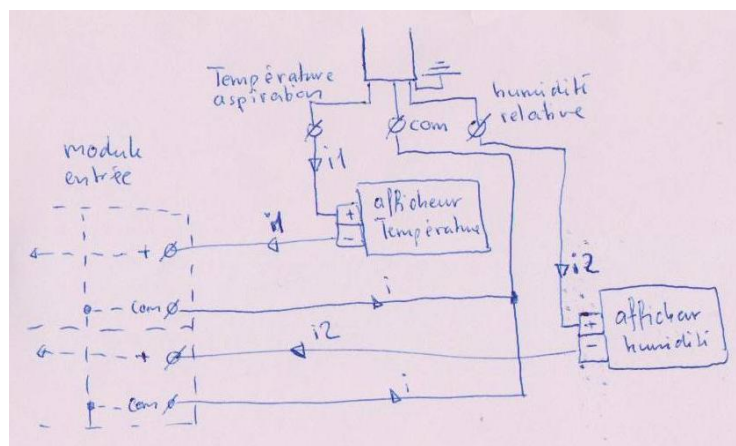


Fig.6 : Raccordement en série afficheur-module d'acquisition

3.1.5 Capteur de température produit

Ce capteur était présent sur la machine. Il a une gamme de mesure allant de 0 à 100°C et reçoit sur l'afficheur directement l'information depuis la sonde PT100.

Pour récupérer le signal sur le module d'acquisition, il y a sur l'afficheur une sortie en tension permettant d'avoir la mesure avec une gamme de 100 mV/°C.

3.2 Régulateur de pression



Fig. 7 : régulateur de pression

Le régulateur de pression est à alimenter en 24 VDC et se commande à l'aide d'un signal 4 à 20 mA, annexe 8. Il servira pour commander un clapet réglant la vitesse de l'air dans la machine. A l'aide d'un distributeur 3/2, le régulateur est monté en parallèle de la commande manuelle du clapet. Ce qui permet, lorsque l'interrupteur qui active le distributeur est enclenché, de réguler la vitesse de l'air à l'aide du programme.

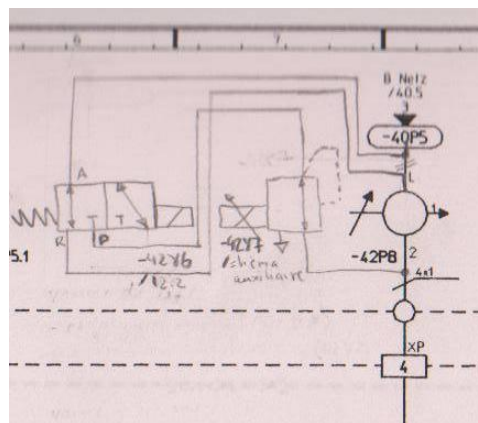


Fig.8 : câblage en parallèle régulateur et commande manuelle sélection par l'alimentation

Avec ce montage, le fonctionnement en mode manuel est normal mais lorsque l'on utilisait la commande automatique la pression mise à la sortie du régulateur s'échappait par l'évacuation de la commande manuelle.

Alors pour résoudre ce problème, la solution suivante a été trouvée. Au lieu de mettre la sélection de chaque appareil en dirigeant l'alimentation en air sur l'un ou sur l'autre, il faut placer le distributeur à la sortie. Il faut mettre l'alimentation en air sur chaque appareil puis faire la sélection du circuit en choisissant lequel des deux appareils agiront sur la sortie.

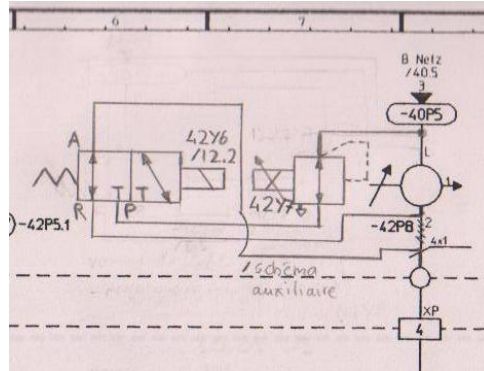


Fig.9 : câblage en parallèle régulateur et commande manuelle sélection par la sortie

Pour pouvoir commander le clapet de façon correcte de 4 mA à 20 mA, il faut paramétrer la pression minimum et la pression maximum à la sortie du régulateur. La procédure de l'ajustement de la pression est expliquée en annexe 9.

Ensuite pour commander le distributeur, étant un distributeur 3/2 monostable, il suffit d'activer son relais lorsque l'on veut changer de mode. Au repos la commande du clapet d'air de sortie est en mode manuel.

3.3 Pompe péristaltique et balance Mettler



Fig. 10 : pompe péristaltique

La pompe utilisée pour amener le produit à pulvériser est une pompe péristaltique de la maison « Petro Gas ». Elle fonctionne comme suit, deux patins fixés sur une roue tournante viennent écraser un tube en gomme souple, créant ainsi une aspiration vers l'intérieur de la pompe, Le patin suivant ferme un volume qui reste constant dans le temps, et qui se déplace avec la mouvement du rotor, Le volume est refoulé en sortie et un nouveau cycle commence.

Il faut l'alimenter en 230V, un signal de 0 à 10 V permet de la commander. Le signal de commande est passé à la pompe par une fiche 5 pôles, schéma des pins de raccordement ci-dessous.

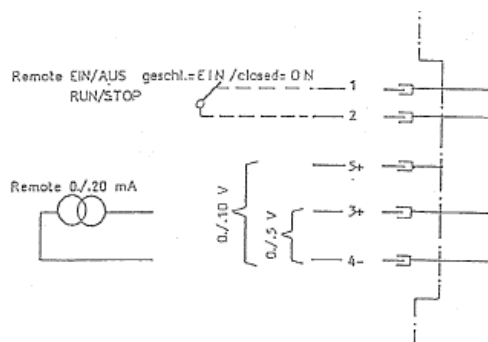


Fig.11 : câblage fiche pôles pompe péristaltique

La balance de chez « Mettler » nécessite une alimentation de 230V. Il faut la brancher à l'aide du câble RS-232 fourni par « Mettler » à la fiche 9 pôles sur le coffret avec l'écran tactile. La balance a été configurée pour être utilisée avec le programme présent sur le PC, cette configuration est donnée dans le mode d'emploi de la supervision, annexe 10.



Fig. 12 : Balance Mettler

3.4 Ecran tactile



Fig. 13 : Ecran tactile

Le PC tactile vient de la maison « National Instrument », annexe 11. Le choix d'un ordinateur à écran tactile a été fait pour ne pas avoir de clavier et souris trainant à côté de la machine en permanence.

Il faut alimenter le PC tactile avec du 24VDC, il s'allume lorsque l'on enclenche l'interrupteur principal. Il y a une prise USB montée sur le coffret et brancher sur une fiche USB du PC. Il y a aussi la fiche 9 pôles pour récupérer le poids venant de la balance qui est raccordé au port COM1 du PC.

3.5 Module d'entrées - sorties

3.5.1 Hardware

Le module d'entrée sortie se compose d'un rack de base avec une alimentation en 24VDC et les connecteurs de communication, ethernet et RS-232, cFP 1804, annexe 12.

Pour ce travail, on monte sur le rack de base un module d'entrée analogique courant-tension, cFP AI 110, annexe 13, un module de sortie en courant pour le régulateur de pression, cFP AO 200, annexe 14, et un module de sortie en tension pour la pompe péristaltique, cFP AO 210, annexe 14. Les deux modules de sorties nécessite une alimentation 24VDC. Le module d'entrée n'as pas besoin d'être alimenté. Le compact FieldPoint (ou module d'entrées-sorties) démarre lorsque l'interrupteur principal de l'installation est enclenché.

Lors du raccordement du câble Ethernet entre le compact FieldPoint et l'ordinateur, un hub a du être installé entre le module et l'ordinateur pour permettre la communication dans les deux sens entre les appareils.

3.5.2 Software

Afin de pouvoir utiliser le module, il faut le configurer comme suit :

- Démarrer l'Ordinateur et le compact FieldPoint (connecter selon directives des fabricants)
- Connexion via Ethernet du PC et du compact FieldPoint (soit en direct, soit par un réseau existant).
Vérifier que la connexion est présente.
- Lancer le programme « Measurement & Automation Explorer » (MAX)
- Dans le menu de droite double cliquer sur système déporté,
Attendre la fin de la recherche, si le compact FieldPoint est détecté, la première fois il possède l'adresse IP 0.0.0.0
- Configurer le compact FieldPoint:
 - Donner un nom, le compact FieldPoint utilisera ce nom a la place de l'adresse IP de l'appareil
 - Rentrer une adresse IP, un masque de sous-réseau, un gateway et un serveur DNS si votre réseau possède tout ces éléments.
Si vous connecter votre compact FieldPoint directement à l'ordinateur, le masque de sous-réseau et l'adresse IP suffisent, les deux adresses doivent cependant appartenir au même réseau.
- Cliquer ensuite sur Appliquer, le programme vous demandera de redémarrer votre appareil.

Supervision et régulation sécheur de poudre à lit fluidisé

Travail de diplôme 2009

Martins Joël

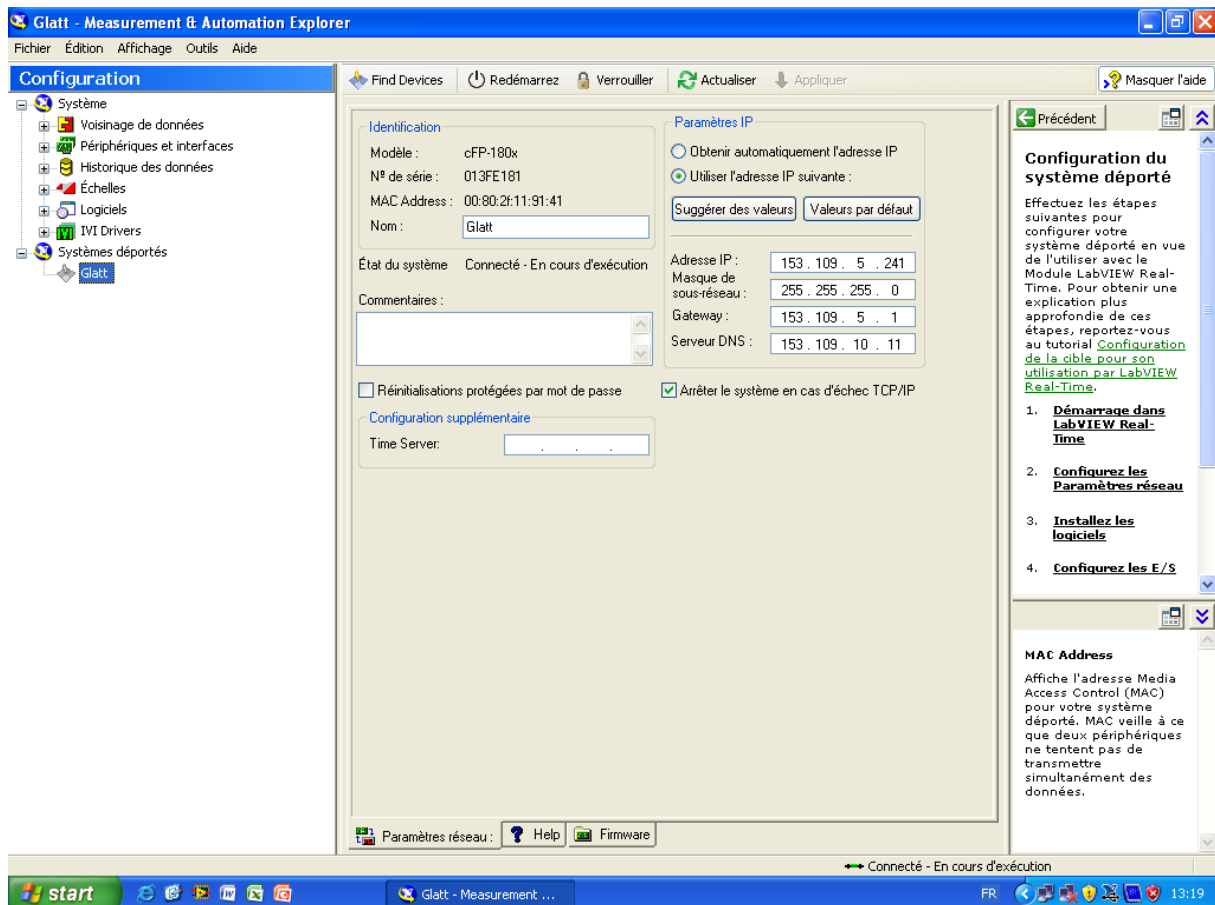


Fig.14 : configuration du FieldPoint du travail de diplôme

- Une fois cela fait, votre compact FieldPoint apparaîtra avec le nom que vous lui avez donné dans le menu de droit sous système déporté.

Une fois la configuration terminée et la communication présente, il est possible de tester les entrées et sorties du module d'acquisition selon les points suivants :

- Sélectionner, sous système déporté, l'appareil à tester
- Cliquer sous « find device » pour faire apparaître les modules connectés à votre compact FieldPoint
- Sélectionner un des modules de votre appareil :

Supervision et régulation sècheur de poudre à lit fluidisé

Travail de diplôme 2009

Martins Joël

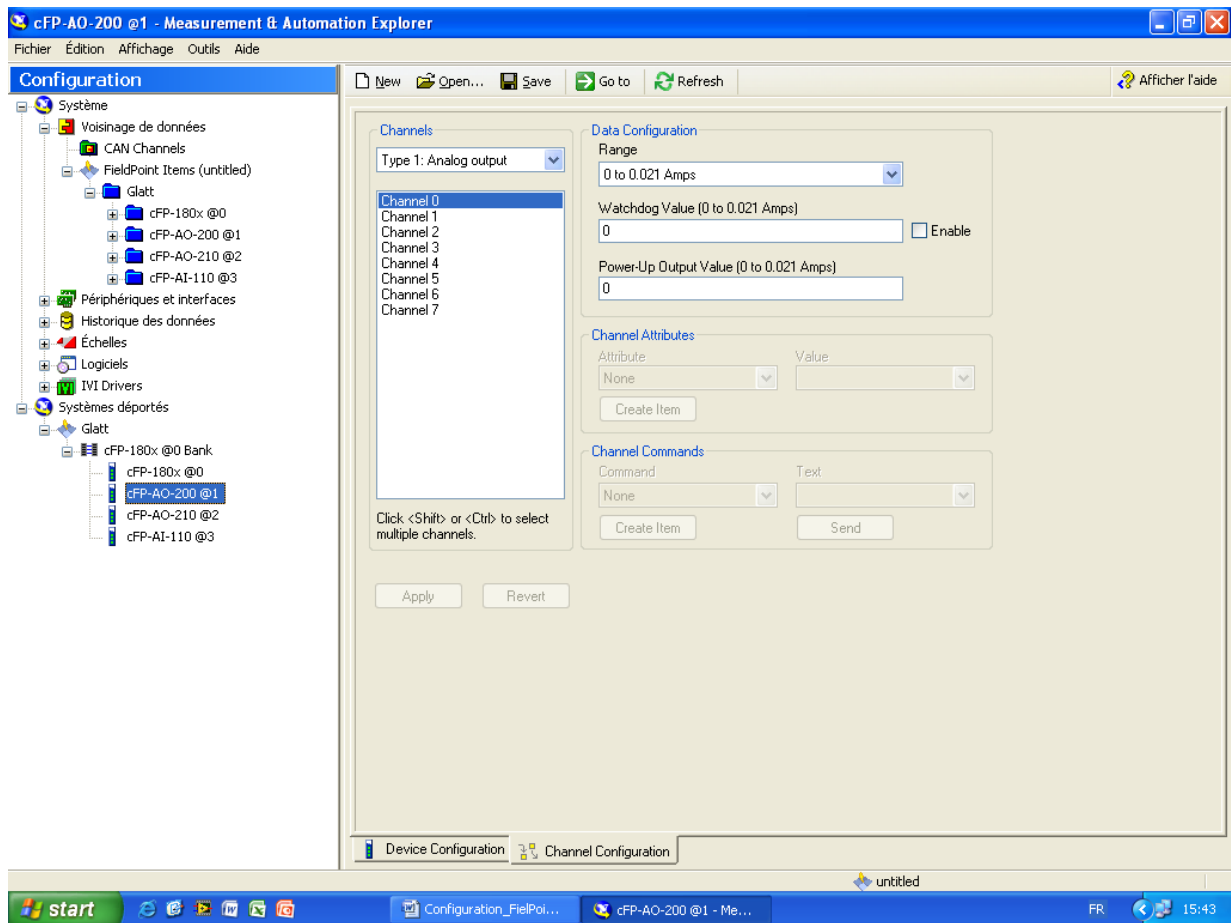


Fig.15 : configuration du type d'entrée ou de sortie

- Sous « Data configuration » « Range », vous pouvez sélectionner la gamme de mesure ou la gamme de sortie de votre module.

- Avec un des modules à disposition Cliquer sur « Go to » :

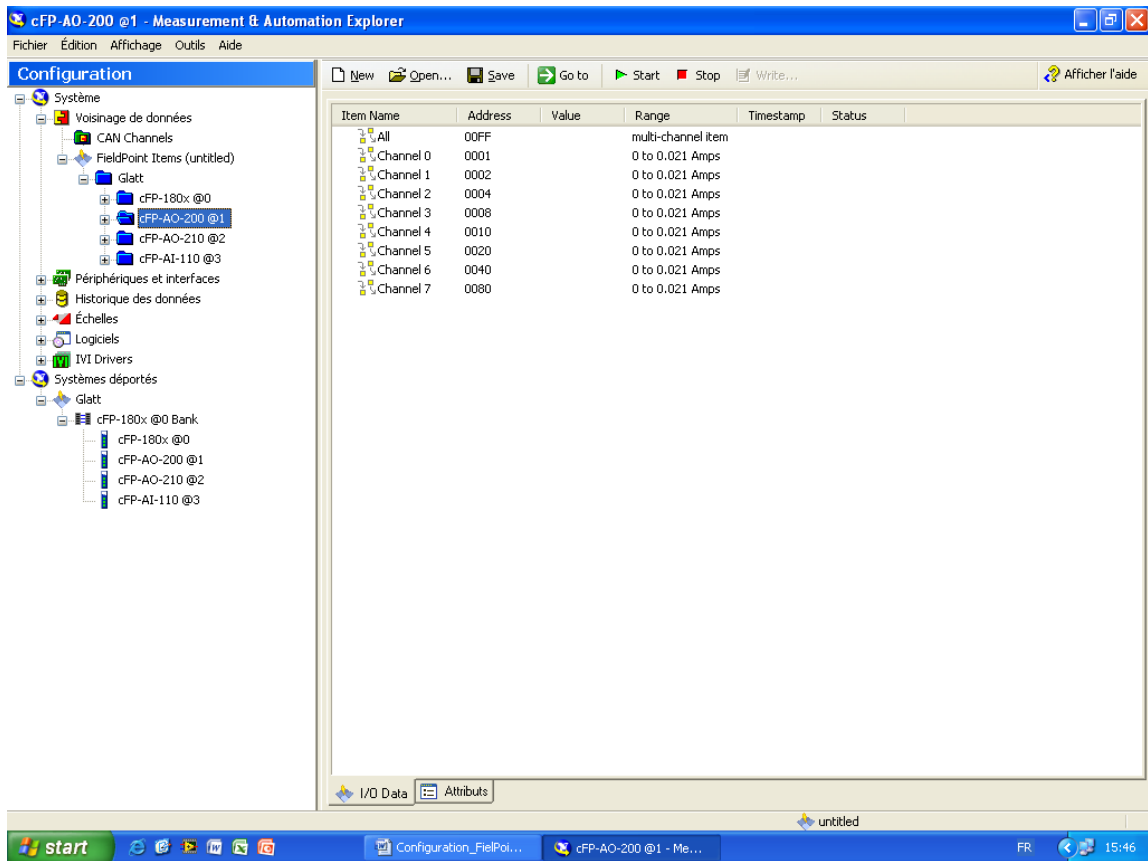


Fig.16 : Accès à l'état des entrées et sorties

- En sélectionnant un chanel et en appuyant sur « Start », vous pouvez, à l'aide d'un multimètre, d'un générateur de fonction, visualiser l'état de vos sorties et agir sur les sorties.

4. Modifications mécaniques

Lors de la première partie du travail de diplôme, le projet de semestre, il a fallut commencer par les modifications a apporté à la machine.

D'abord, la suppression des capteurs de pression différentielle et de la vitesse de l'air à l'aspiration et de la pose des trois capteurs les remplaçants.

Ensuite la pose en parallèle du régulateur de pression et du distributeur faisant la sélection entre les deux appareils.

Puis de la pose du module d'entrée sortie soit dans le petit toit en inox à la place de l'afficheur à bandes, soit dans un nouveau coffret.

Et pour finir la pose du bras pivotant pour le coffret contenant l'écran tactile sur la base de la machine.

Une fois les modifications décidées, l'atelier mécanique de l'école c'est occupé des pièces à usiner, et l'électricien de l'école c'est occupé de la pose des différentes pièces et capteurs. Le détail de chaque modification et repris ci-dessous. Le dossier contenant les dessins techniques et les images expliquant les modifications souhaitées pour l'atelier mécanique et l'électricien se trouve en annexe 15.

4.1 Pose des trois nouveau capteurs

Les trois capteurs sont supprimés car ils ne possèdent que l’affichage de ce qu’ils mesurent, ils sont donc remplacé par trois capteurs permettant l’acquisition de la grandeur mesurée. Les deux afficheurs ronds à gauche et a droite en haut du coffret de commande sont une mesure de pression différentielle sur le produit, respectivement sur les filtres de la machine. L’afficheur rond au milieu en haut du coffret et la mesure de la vitesse de l’air à l’aspiration, il était défectueux depuis quelque temps déjà.



Fig.17 : Afficheurs à supprimer

Les deux afficheurs de pression différentielle sont remplacés par des capteurs de la maison « Beck », annexe 6.

Le capteur de vitesse de l’air à l’aspiration présent sur la machine était composé de l’afficheur et de la prise de mesure à l’aspiration, qui est également supprimé.



Fig.18 : prise de mesure de vitesse de l’air à supprimer

Le nouveau capteur de vitesse de l’air, de la maison « KIMO » annexe 7, se compose également de 2 partie, la sonde est déporté et il y’as ensuite le traitement du signal sur le boîtier principal.

Supervision et régulation sécheur de poudre à lit fluidisé

Travail de diplôme 2009

Martins Joël

La suppression des trois afficheurs a laissé de la place pour fixer les trois boîtiers des nouveaux capteurs à leur place. Il a fallu pour ceci fabriquer un support à l'aide de plaques d'aluminium. Il est fixé sur la plaque orange présente sur l'installation.



Fig.19 : support des boîtiers des capteurs



Fig.20 : Boîtiers des nouveaux capteurs

On peut voir sur l'image ci-dessus que les capteurs de pression différentielle (à gauche et à droite) qui devaient initialement se trouver en position verticale, sont posés de biais car le raccordement pneumatique n'était pas possible verticalement.

La sonde déportée du capteur de vitesse de l'air a été disposé à l'emplacement de l'ancienne prise de mesure. Elle est fixée à l'aide d'un presse étoupe dans le canal d'arrivée d'air.



Fig.21 : Sonde déportée du capteur de vitesse de l'air

Initialement, une plaque d'aluminium était prévue pour cacher les trous laissés par la suppression des gros afficheurs à l'intérieur de la porte. Mais une fois les boîtiers de capteur posés, il était impossible de la monter. Alors une seconde plaque a été dessinée pour cacher ces ouvertures mais cette fois la plaque est vissée sur l'avant de la porte.

4.2 Régulateur de pression, distributeur et interrupteur de commande

Pour permettre la régulation de la vitesse de l'air dans la machine, il a fallu monter en parallèle de la commande manuelle du clapet réglant la vitesse de l'air un régulateur de pression commandé par un signal électrique, ici 4 à 20 mA, annexe 8.

Pour ce faire il est également nécessaire de commander, à l'aide d'un interrupteur à 2 position, un distributeur pneumatique pour sélectionner la manière de commander le clapet d'air de sorti.

Sur la porte avant du coffret de commande principale, il y'a une ouverture ronde avec un cache ou l'on peut placer notre interrupteur. Le diamètre du trou étant un peu grand il a fallu monter l'interrupteur avec une petite plaque d'aluminium faisant office de « contre-écrou ».



Fig.22 : Disposition de l'interrupteur de commande du clapet d'air de sorti (avant - après)

A l'arrière du coffret de commande principale, il y'a de la place pour monter sur une plaque d'aluminium le régulateur de pression et le distributeur. Cette plaque peut être fixée dans le coffret sur deux rails présent dans les bords.

En premier lieu le distributeur et le régulateur de pression étaient disposés côte à côte sur la plaque en aluminium, mais lors du montage l'électricien a monté le distributeur plus éloigné du régulateur pour garder l'accès à un transfo situé derrière la position initiale du distributeur.

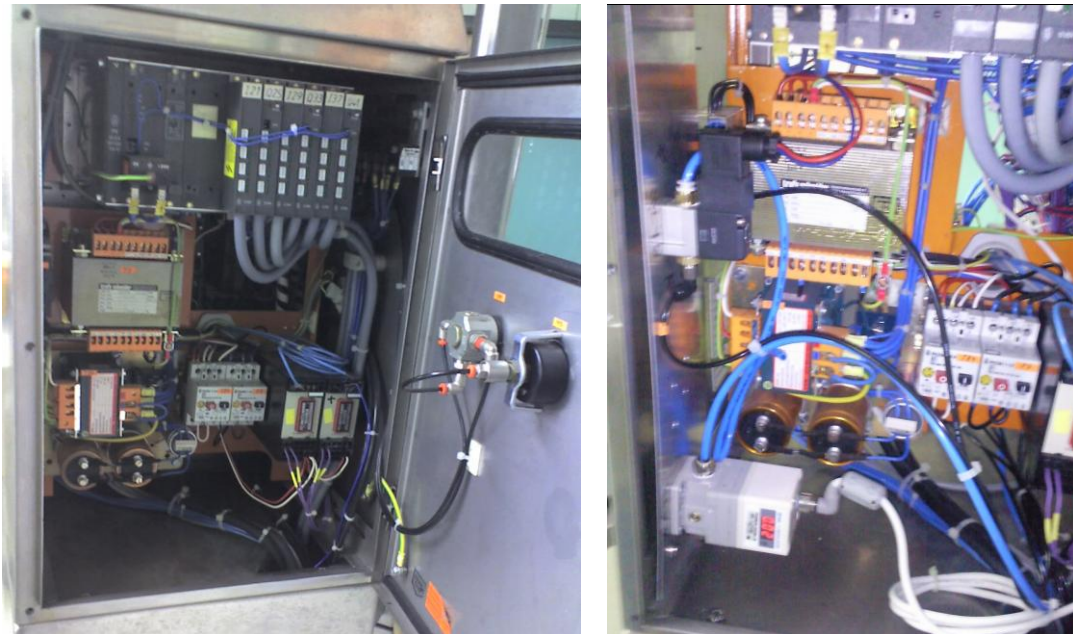


Fig.23 : Disposition du régulateur et du distributeur à l'arrière du coffret (avant - après)

4.3 Installation du module d'entrée sortie

Le module d'entrée sortie est fourni par la maison « national Instrument » et est appelé « compact FieldPoint », annexe 12. Il est composé d'un socle comportant l'alimentation et es raccordement pour la communication avec les autres appareils et des slots pour y insérer les modules d'entrée et de sortie.

L'afficheur à bandes devant être supprimé, dans un premier temps il était question de poser ce module à l'intérieur du toit en inox de l'installation. Cependant le manque d'accessibilité une fois le toit posé et le peu d'espace à disposition, cette idée a été abandonnée.



Fig.24 : Toit en inox avec afficheur a bande à supprimer

Donc pour installer le module, il a été décidé d'installer un petit coffret, dimension 380x380x210, à la place du toit en inox. Le coffret est fixé à l'aide de vis dans le toit du coffret de commande principale de façon a pouvoir récupérer le trou de passage de câble présent pour l'afficheur à bande.

Supervision et régulation sécheur de poudre à lit fluidisé

Travail de diplôme 2009

Martins Joël

A l'intérieur du coffret, le module est monté sur un rail DIN plat et deux canaux 25x60 sont montés de part et d'autre du module. Initialement un canal de liaison entre les deux canaux horizontaux était prévu ainsi qu'un rail DIN plat de réserve au sommet du petit coffret, mais la plaque de base du coffret étant trop petite cela n'a pu être faisable.

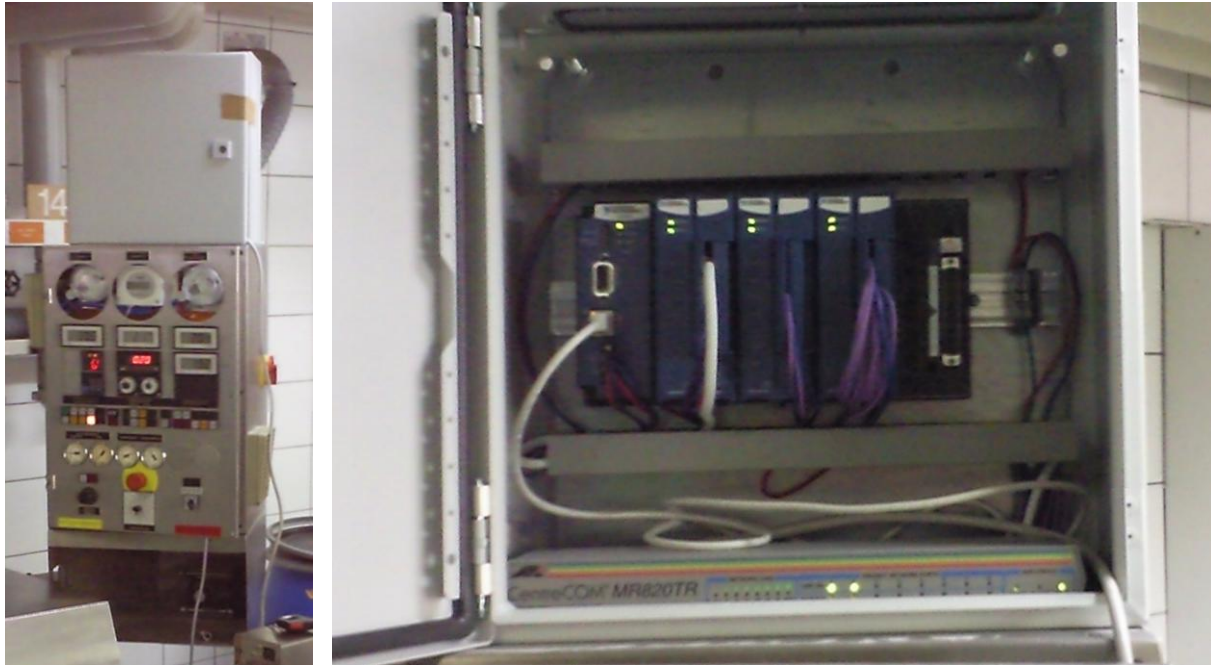


Fig.25 : Installation du petit coffret et disposition intérieure du coffret

4.4 Pose de l'écran tactile et de son coffret

Afin de pouvoir contrôler l'installation en étant à côté du coffret de commande principale pour manipuler le processus et de pouvoir ranger au mieux l'installation, le coffret contenant l'écran tactile est monté sur un bras rotatif.

Le bras rotatif est monté sur le côté de la machine sur la base. Le système bras rotatif-coffret vient de la maison « RITTAL ». La hauteur de l'écran est choisie à 1m50 pour permettre un bon accès pour toutes personnes. L'écran est monté dans la porte du coffret et il y'a sur le côté du coffret deux ouvertures, une pour monter une fiche D-Sub 9 pôle pour le câble RS-232 de la balance et l'autre un trou pour une fiche USB déporté.



Fig.26 : Disposition du bras rotatif avec le coffret et prises de côté

Martins Joël

ds coffret estamié : $25 \text{ kg} \Rightarrow F_3 = 250 \text{ N}$
 ds machine : $450 \text{ kg} \left\{ \begin{array}{l} \text{coffret cde } 100 \text{ kg} \Rightarrow F_1 = 1000 \text{ N} \\ \text{machine primaire } 350 \text{ kg} \Rightarrow F_2 = 3500 \text{ N} \end{array} \right.$
 et A, pivot : $\oplus \quad M_p = (0,465 \cdot 3500) - (0,32 \cdot 1000) - (0,385 \cdot 250)$
 $= 111,25 \text{ Nm}$
 avec rajout du coffret sur bras porteur la machine ne peut pas basculer.

20 | Page

5. Programme

Le langage choisi par les responsables du travail de diplôme est « LabView », ce langage est développé par la maison « National Instrument ». C'est un langage de programmation graphique, une programmation donc très intuitive, une interface utilisateur graphique un code source également graphique.

« National Instrument » à développer au fur et à mesure des années un programme capable de gérer de l'acquisition de données et permettant une communication entre différent type de matériel simplifiée au maximum, cela peut se résumer à brancher les appareils entre eux et à les paramétrer par logiciel. Ceci dit, cela ne fonctionne comme cela qu'avec du matériel de chez « National Instrument ».

La programmation s'est déroulée durant les 8 semaines à plein temps. La première étape était de créer une base de données pour pouvoir manipuler les grandeurs physiques de l'installation. Ensuite il a fallu mettre en place l'acquisition des données, cela c'est fait sur la base d'un programme développé par l'école. Puis les régulateurs ont été implémentés et finalement une interface Homme-machine agréable a été mise en place. Ces différentes étapes sont détaillées ci-dessous.

5.1 Base de données

Afin de pouvoir travailler avec les grandeurs physiques de l'installation depuis le programme, il faut les stockés dans une base de données.

Pour créer une base de données sur LabView, Il faut d'abords ouvrir le programme « Measurement & Acquisition Explorer » ou « MAX » qui est compris dans le pack de base de LabView. Ensuite il faut suivre le chemin de l'image ci-dessous et faire clique droit sur My computer.

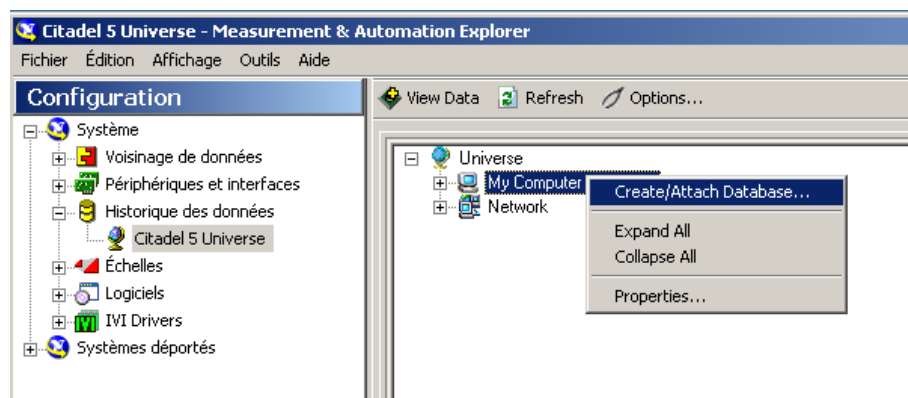


Fig.28 : Chemin création base de données

Une fois cela fait, la fenêtre ci-dessous demande de choisir un fichier dans lequel les valeurs des variables loggées seront enregistrées et par défaut le nom de la base de données est le même que le chemin ou se trouve le fichier. Le nom donné à la base de données est à retenir car chaque fois que ce nom sera utile dans le programme il faudra le retaper exactement comme celui de la fenêtre ci-dessous.

Supervision et régulation sècheur de poudre à lit fluidisé

Travail de diplôme 2009

Martins Joël

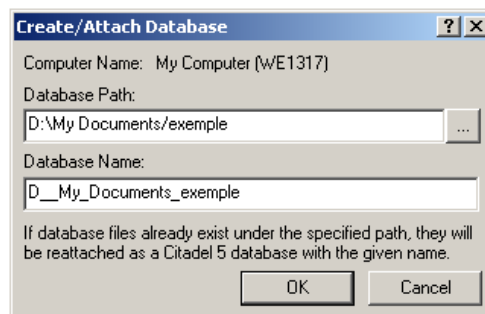


Fig.29 : Fenêtre dénomination de la base de données

Une fois l'étape précédente terminée, la base de données apparaît sous My computer.

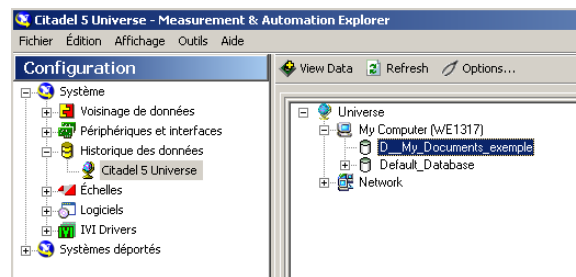


Fig.30 : Base de données créée sous My computer

Pour enregistrer les grandeurs physiques dans la base de données, il faut passer par les variables partagées de LabView. Pour créer une variable partagée, il faut la première fois cliquer droit sur My computer dans l'explorateur de projet. Cela crée un fichier .lvlib où les variables partagées sont stockées. Ce fichier peut-être nommé comme bon vous semble. Pour rajouter une variable à ce fichier il faut cliquer droit dessus et faire « new variable »

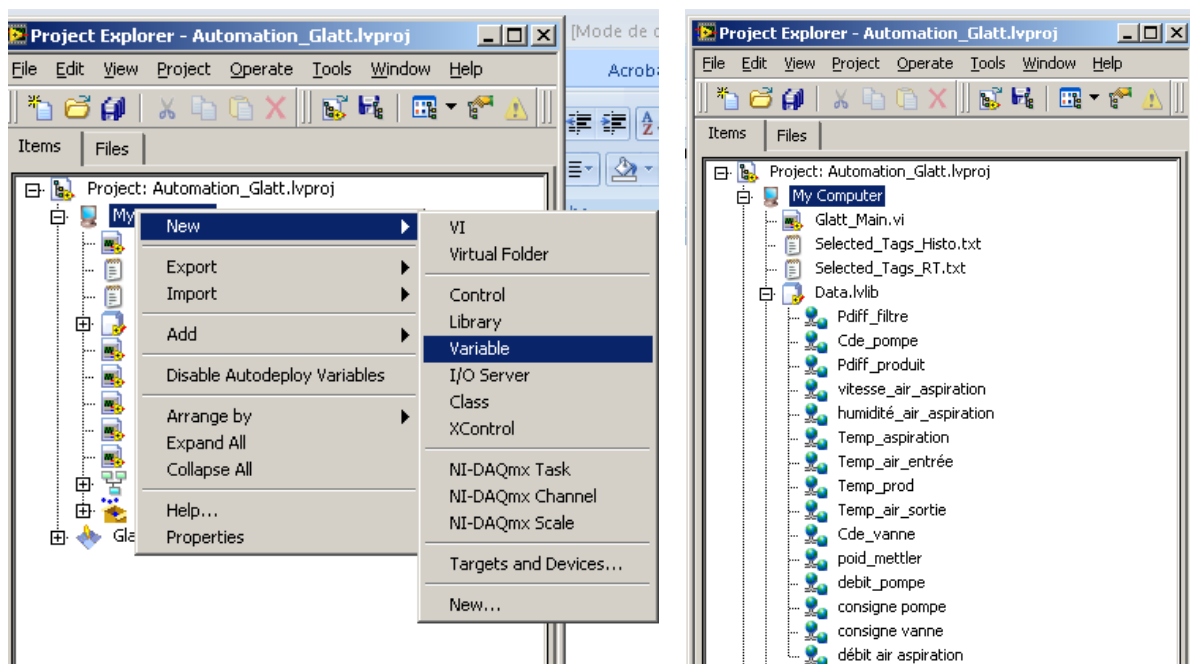


Fig.31 : Chemin pour créer une variable partagée

Lorsque l'on crée la variable, la fenêtre permettant de la configurer s'ouvre. Dans celle-ci, on commence par choisir un nom, le type de variable doit être network-published et le « data type » est à choisir selon les besoins du programmeur.

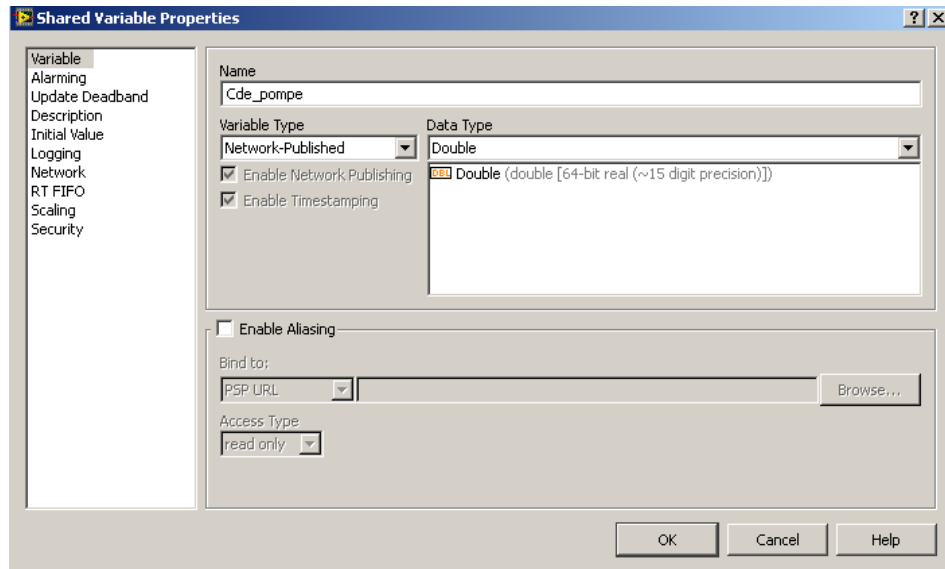


Fig.32 : paramètre de la variable

Il faut ensuite aller sous l'option Logging où l'on coche la case « enable logging », dans ce projet aucune alarme n'est loggée et sous « log data », on donne la résolution de la variable enregistrée dans la base de données ainsi que la gamme de variation de la variable donnant lieu à un enregistrement de celle-ci.

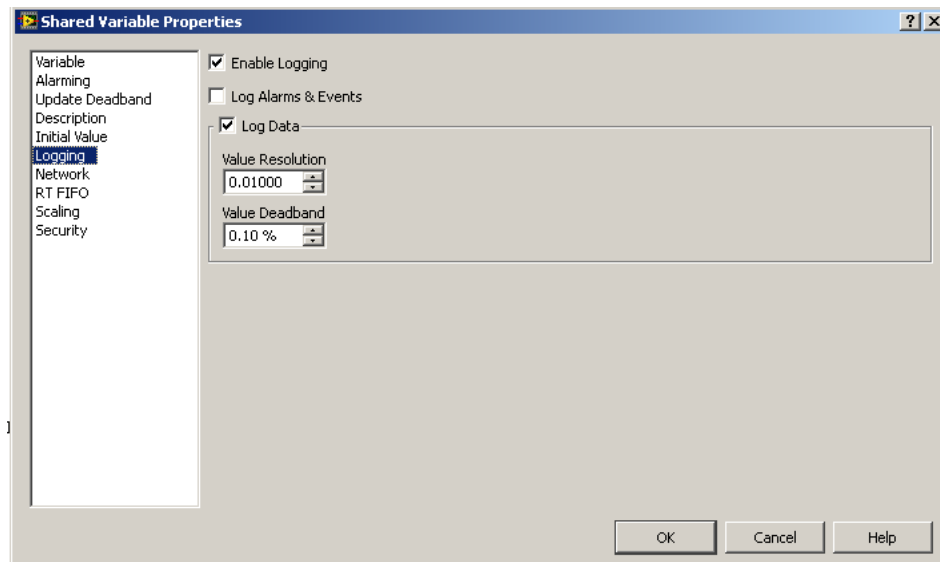


Fig.33 : paramètre de logging de la variable

On peut donc maintenant disposer librement de la variable créée dans le programme. Ces variables partagées sont utilisables dans n'importe lequel des fichiers du projet.

Une fois que des valeurs ont été loggées, il est possible de les visionner en allant dans le MAX et en sélectionnant la/les variable(s) que l'on souhaite voir et cliquer sur « View data ».

Supervision et régulation sécheur de poudre à lit fluidisé

Travail de diplôme 2009

Martins Joël

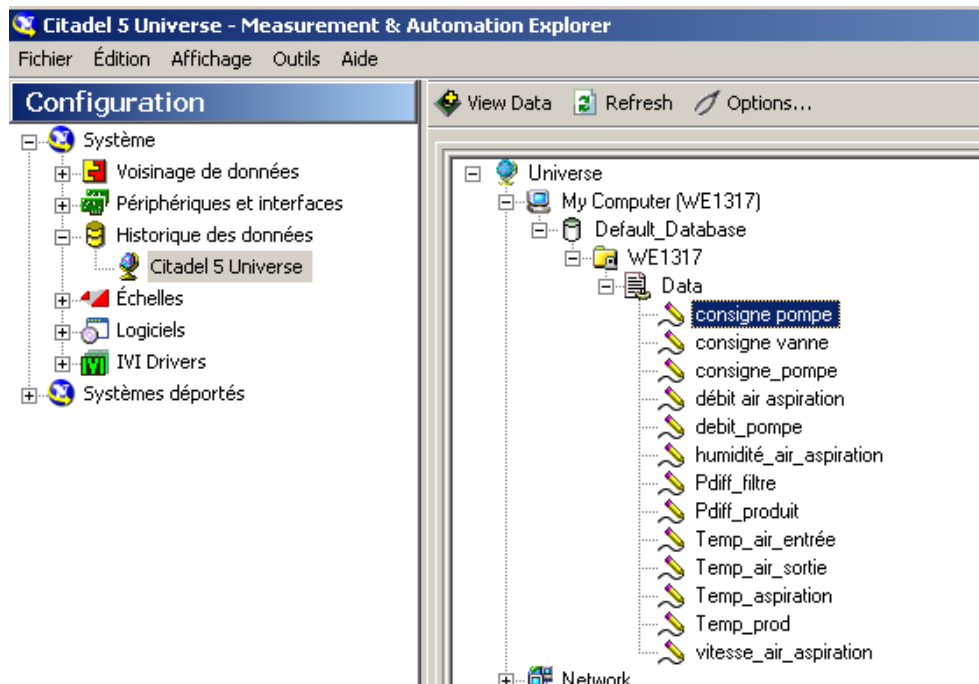


Fig.34 : chemin pour visualiser une variable loggée dans le MAX

Pour supprimer une base de données, il faut le faire via le MAX. Il faut suivre le chemin selon l'image ci-dessous et cliquer droit sur detach/delete sur la base de données que l'on souhaite effacée.

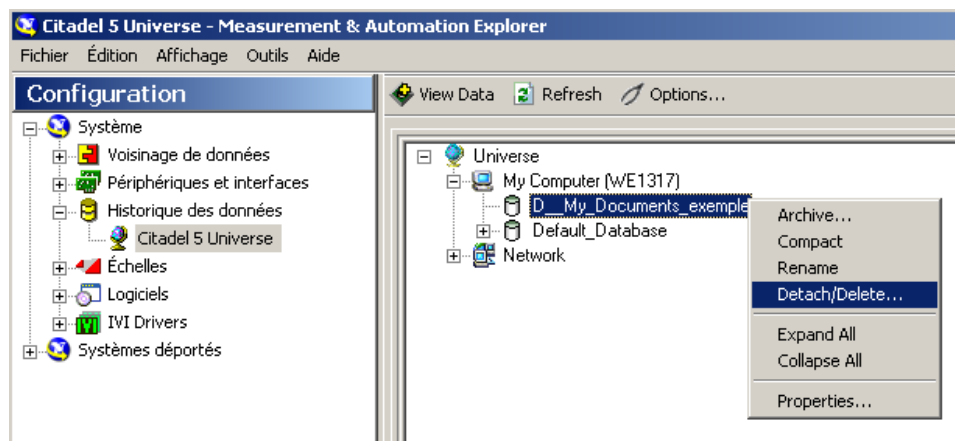


Fig.35 : Chemin pour effacer la base de données

5.2 Programme

Le travail de diplôme ne comportant que 8 semaines, un programme de base a été fourni afin d'avoir au final une supervision exploitable sur l'installation. Ce programme provient de l'école, il a été fait par Aldo Vaccari. Le travail effectué dans ce programme est l'acquisition des données, l'écriture sur les sorties et d'implémenter les régulateurs.

Le programme LabView ne pourra être vu au complet, car la programmation en langage graphique est illisible sous format papier. C'est pourquoi une explication en bloc diagramme est utilisée. Seul des points précis de la programmation seront vus en détails. Un mode d'emploi de la supervision reprend le fonctionnement global du programme, annexe 10.

5.3.1 Programme principal

Programme principal

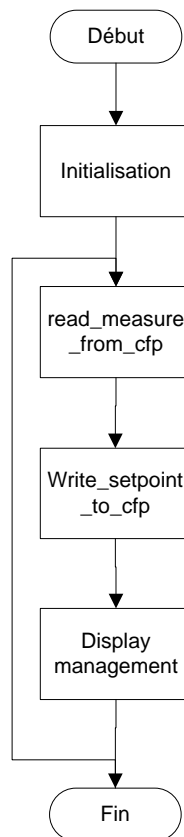


Fig. 36 : Diagramme fonctionnel du programme principal

Le principe de fonctionnement du programme est montré dans la figure ci-dessous. Lors du démarrage du programme, la liste des variables disponibles, les deux graphes présents dans la supervision et les paramètres des deux régulateurs sont initialisés par le programme.

Ensuite le programme va aller lire les valeurs des mesures provenant du compact FieldPoint, ce bloc est repris en détail ultérieurement.

Le bloc suivant contient la régulation, c'est-à-dire l'écriture des valeurs sur les sorties du Compact FieldPoint, ce bloc est repris en détail ultérieurement et le dimensionnement des régulateurs est détaillé dans le chapitre régulation.

Le dernier Bloc contient la gestion des différentes parties accessibles par l'interface via des onglets. Le programme principal est appelé toutes les 250ms.



Fig.37 : Onglet disponible via l'interface

Supervision et régulation sècheur de poudre à lit fluidisé

Travail de diplôme 2009

Martins Joël

L'onglet Machine View contient les boutons et afficheurs nécessaires à l'utilisation de l'interface.



Fig. 38 : Machine View

L'onglet Real Time trend affiche un graphique en temps réel des grandeurs physiques disponibles. En réalité, dans ce projet il s'agit d'un faux temps réel, car les valeurs affichées proviennent de la base de données et non directement de la mesure. Ceci est afin de pouvoir avoir la possibilité de choisir dans le tableau affichée sous le graphique les variables que l'on souhaite voir affichées. Le graphique est rafraîchi chaque seconde environ.

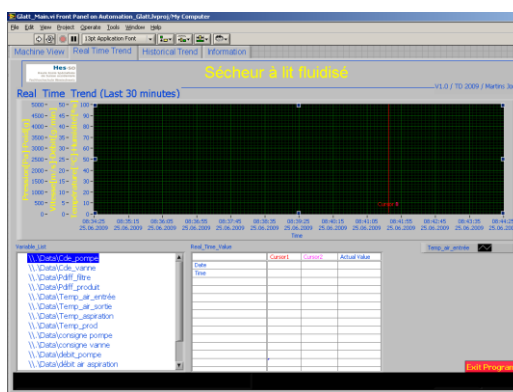


Fig. 39 : Real time trend

L'onglet Historical trend lui permet d'afficher selon une fenêtre de temps à définir les variables sélectionnées dans le tableau sous le graphique. C'est ici que l'exportation de Fichier est possible. Le Fichier crée contient les valeurs affichée dans le graphique.

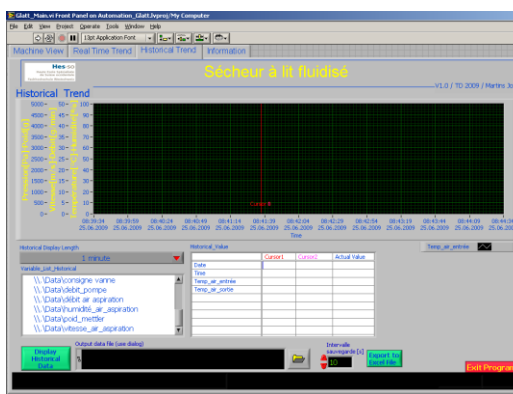


Fig. 40 : Historical trend

L'onglet Information contient seulement quelques informations au sujet de la supervision.

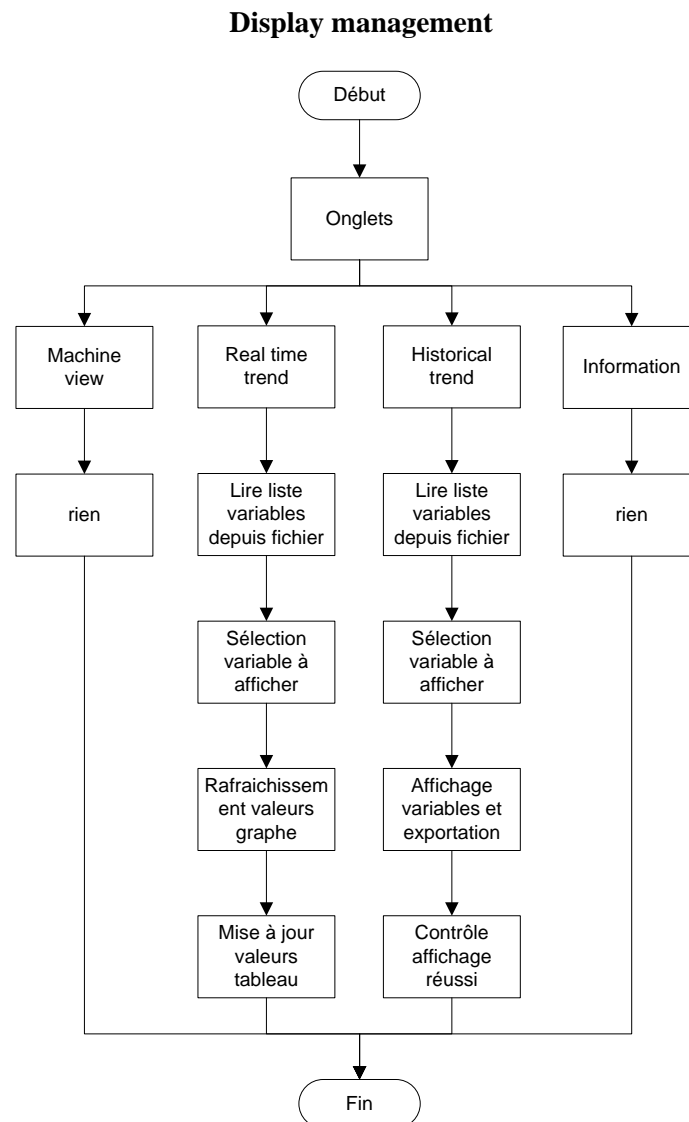


Fig.41 : Diagramme fonctionnel du display mangement

5.3.2 Adaptations des variables

Quelques modifications ont été nécessaires dans le programme de base. Celles-ci sont effectuées dans la partie « Display management » sous les fonctions « Rafraichissement valeurs graphe » et « Affichage variables et exportation ». Il a fallu dans les deux graphes changer les échelles pour avoir une correspondance avec les grandeurs physiques mesurées. Pour faire correspondre les variables avec les échelles, il a fallut procéder comme suit, comparé chaque variable à une constante portant son nom pour avoir une valeur booléenne. Cette valeur est ensuite lue par un bloc de comparaison donnant en sortie une valeur numérique correspondant au tag de chaque graphe. Cette valeur numérique est ensuite lue par un nœud de propriété permettant d'avoir la/les variable(s) affichée(s) dans les graphes avec la bonnes échelle.

Supervision et régulation sècheur de poudre à lit fluidisé

Travail de diplôme 2009

Martins Joël

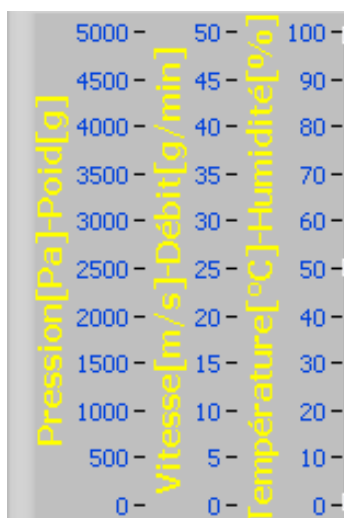


Fig.42 : Echelles disponibles dans chaque graphe

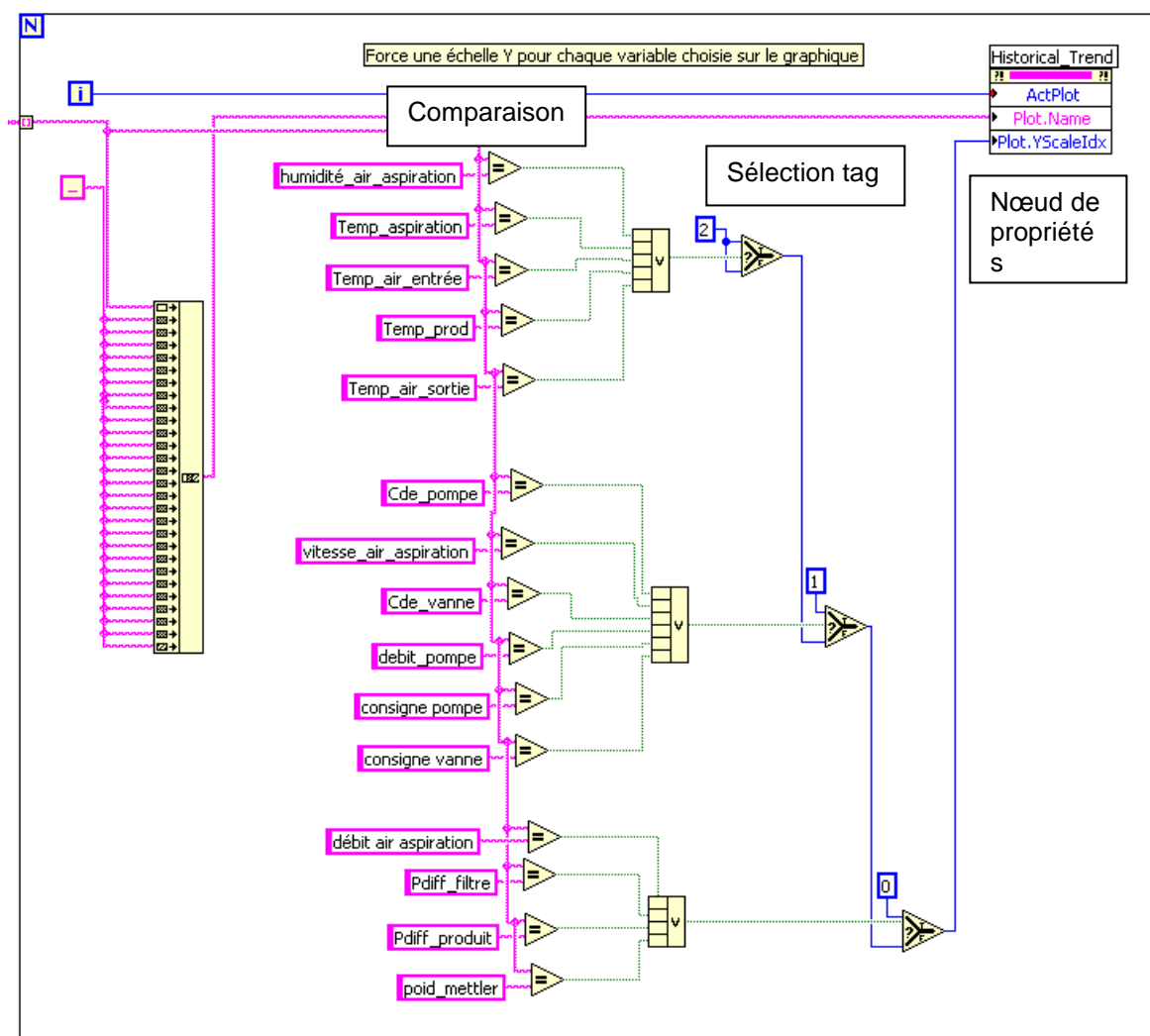


Fig.43 : choix d'une échelle selon variable sélectionnée

5.3.3 Exportation Excel

La seconde modification a été de mettre le lien pour l'exportation du fichier Excel de façon automatique lors de l'affichage du graphe dans l'Historical trend. Par défaut le lien est



Fig. 44 : lien d'enregistrement fichier Excel par défaut

Lors de l'appui sur le bouton Display historical data, le lien se transforme comme cela

« C:\Automation_Glatt\Data_Glatt_DDMMYY_hhmmss_hhmmss.xls »

DDMMYY: date correspondant au début de la fenêtre de temps

hhmmss : heure correspondant au début de la fenêtre de temps

hhmmss : heure correspondant à la fin de la fenêtre de temps

La troisième modification est souvenue alors qu'un problème est apparu lors de l'utilisation du fichier Excel. Le problème était que les données lues dans Excel n'avaient pas le bon format. En effet les valeurs des variables n'étaient pas reconnues par Excel. Après recherches il s'est avéré que le fichier crée par le programme mettait des virgule comme séparateur des décimales et que les ordinateur sont par défaut programmer pour voir le séparateur décimal comme étant un point. Pour résoudre ce problème il a fallut ajouter un bloc qui aller dans le fichier crée par le programme remplacer les virgules par des points. Le premier bloc crée un tableau de données en se servant de la liste des variables sélectionnées, de la base de données dans laquelle elles sont enregistrées, du temps définis par l'utilisateur.

date	Time	\\Glatt\C__Automation_Glatt_Historical_Data\Glatt\Data\poid_mettler		
15/06/2009	08:50:31,682	0	58,3232	
15/06/2009	08:50:32,682	0	58,3232	
15/06/2009	08:50:33,682	0	58,3232	

Fig. 45 : Fichier texte crée avec virgule

Puis le second bloc transforme les virgules en points

Date	Time	\\Glatt\C__Automation_Glatt_Historical_Data\Glatt\Data\poid_mettler		
16/06/2009	09:00:23.443	0	21.7089	
16/06/2009	09:00:24.443	0	21.7089	
16/06/2009	09:00:25.443	0	21.7089	

Fig. 46 : Fichier texte crée avec point

Le troisième bloc lui enregistre le fichier crée sous le lien choisi par l'utilisateur avec comme extension .xls un format Excel.

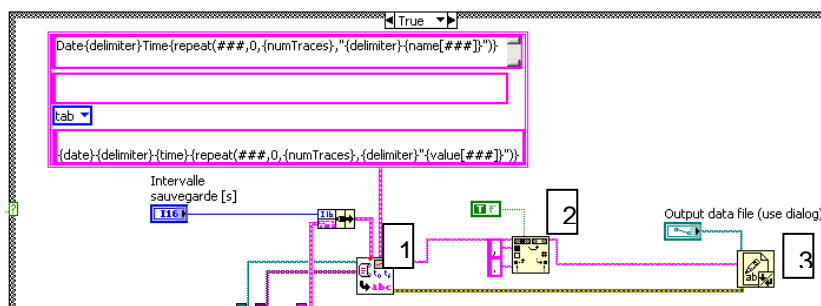


Fig. 47 : Blocs 1, 2 et 3 créant le fichier Excel

5.3.4 Acquisition des données

Dans la partie acquisition de données, Chaque canal du module d'entrée est sélectionnée et donne dans le programme la valeur en mA ou en V de la grandeur mesurée. Une exception est celle du poids de la balance qui est repris dans un petit programme tournant en parallèle du programme principal.

Les variables pression différentielle produit, pression différentielle filtre, humidité relative aspiration, température aspiration, température air in. Température air out et température produit sont traitées selon principe suivant :

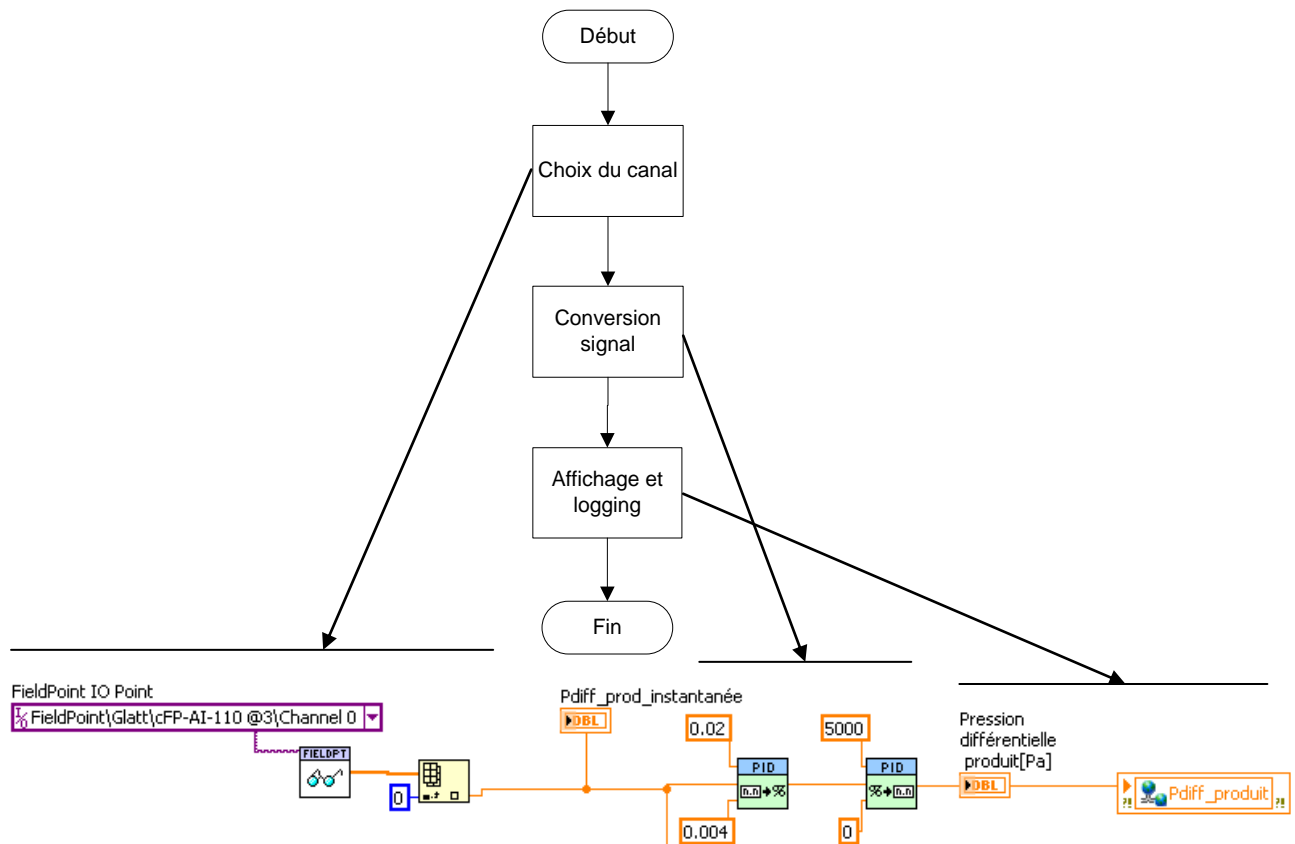


Fig.48 : Diagramme fonctionnel et schéma LabView acquisition données

La conversion du signal s'effectue dans un premier temps en transformant le signal de mesure en mA ou V en % des deux valeurs minimum et maximum, puis la mesure en % et retransformée cette fois dans la valeur physique de la grandeur mesurée en faisant correspondre les deux valeurs minimum et maximum.

Pour l'Humidité relative, une calibration était nécessaire pour le travail de recherche de l'étudiante en agroalimentaire. Pour ce faire deux mesures sur une nuit ont montré que la mesure prise par le capteur de l'installation et la sonde de calibration, Elpro Ecolog, donnée une erreur de mesure de 11% d'humidité en moins pour le capteur de l'installation. Ce problème est résolu en mettant un offset sur la mesure 'humidité dans le programme.

Supervision et régulation sècheur de poudre à lit fluidisé

Travail de diplôme 2009

Martins Joël

Cette calibration a aussi été effectuée pour les températures produit, in, out, et aspiration. Cependant, la correction apportée dans le programme ne c'est pas faite par un offset. Les deux blocs permettant la conversion du signal permet de jouer sur la pente en changeant la valeur minimum et maximum atteinte par la mesure en degrés.

Pour la vitesse de l'air le principe est le même que précédemment, mis à part que l'on va calculer à l'aide de la vitesse de l'air le débit d'air entrant dans l'installation par heure.

La mesure du poids de la balance s'effectue selon le diagramme bloc de gauche dans la figure 46, il faut d'abord sélectionner à l'aide d'un bloc le port et les configurations associées, puis si la balance donne une mesure, elle se compose de 16 bytes. Donc si les 16 bytes sont présent on va lire la valeur sur la balance en format string, puis la changer en format numérique et l'afficher et la logger. S'il n'y a pas 16 bytes sur le port on vide le buffer associé au port sur lequel la balance est connectée.

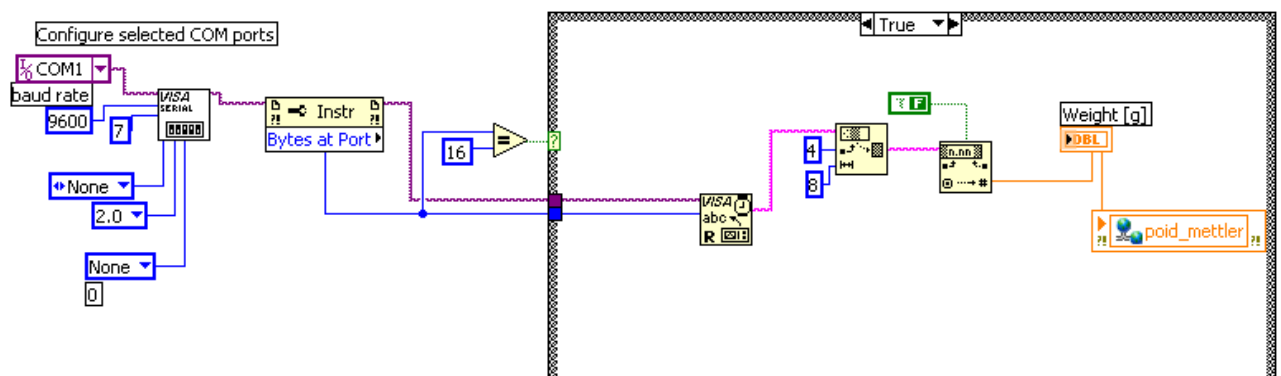


Fig.49 : mesure de la valeur sur la balance

Un problème sur la lecture de la balance est apparu lors des premières utilisations de celle-ci. Lorsque la balance prenait des mesures et que le programme était arrêté, le buffer du port sur lequel la balance était connectée mettait en mémoire les valeurs de la balance et lorsque l'on relançait le programme il fallait lire toutes les valeurs bufférisées et cela occasionnait un retard entre la valeur actuelle mesurée et ce que le programme affichait. Un autre problème était que lorsque l'on éteignait ou allumait la balance alors que le programme tournait, le bloc lisant la valeur sur la balance faisait une erreur car les données présentes à son entrée et à sa sortie n'étaient pas les mêmes. Ces deux problèmes se sont résolus en utilisant la méthode de lire les données uniquement lorsque 16 bytes sont envoyés.

Avec un compteur de seconde tournant en parallèle du programme principal, ci-dessous à droite, la mesure de débit est créée. Il faut pour cela créer un tableau contenant le poids de la balance sur les 15 dernières seconde et mettre en face de ces valeurs un tableau contenant l'intervalle de temps entre ces valeurs, il est de une seconde. Puis ces tableaux sont lus par un bloc faisant du fitting, cela consiste à créer une droite correspondant le mieux aux points vu par le bloc. De ce bloc on sort avec la pente de la droite trouvée, car la pente de la droite du poids en fonction du temps correspond au débit. Ce débit est mis en forme pour avoir l'unité en [g/min]. Puis une moyenne est faite sur le débit afin de gommer les variations trop fréquentes de la mesure.

Supervision et régulation sécheur de poudre à lit fluidisé

Travail de diplôme 2009

Martins Joël

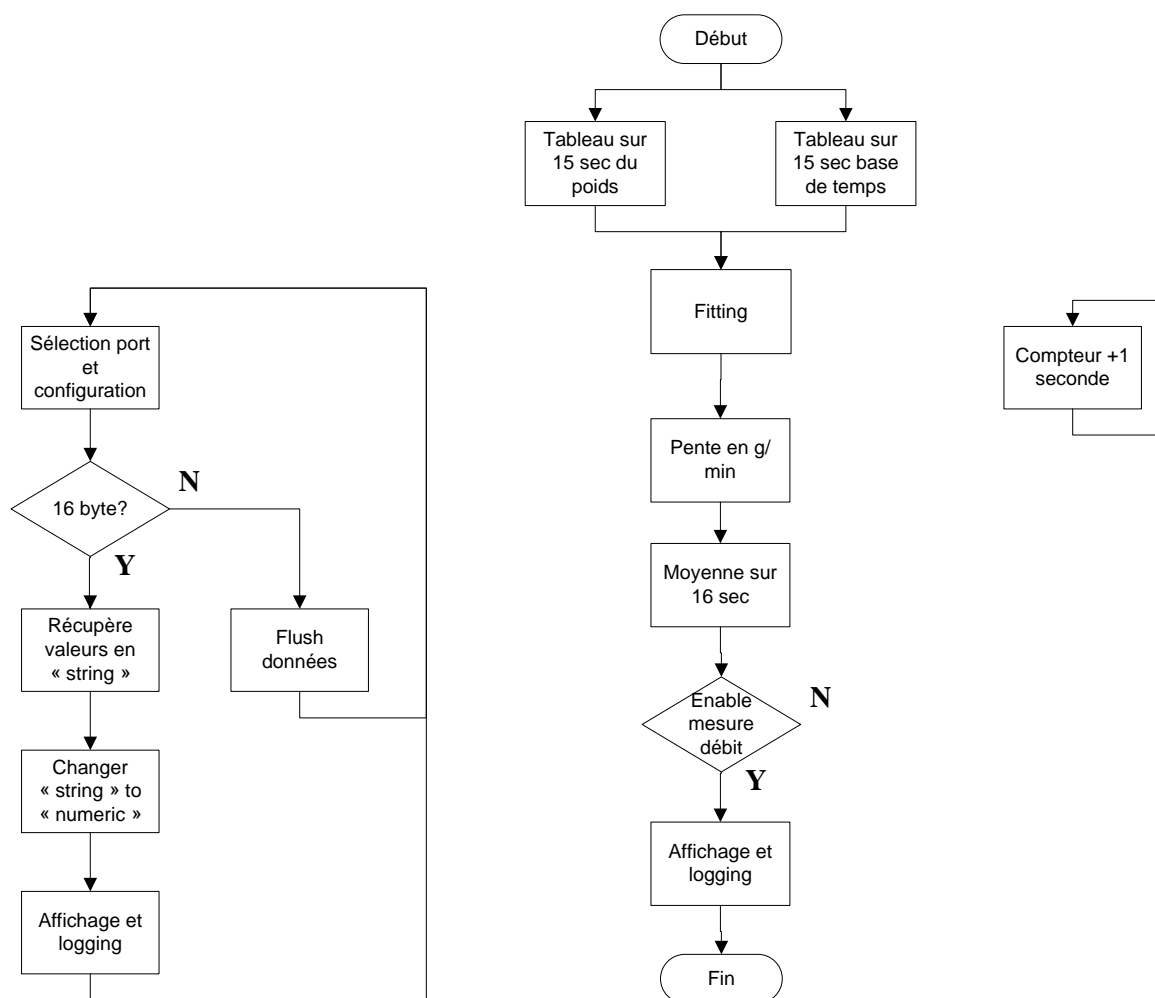


Fig.50 : Diagramme fonctionnel mesure poids balance, compteur et mesure de débit

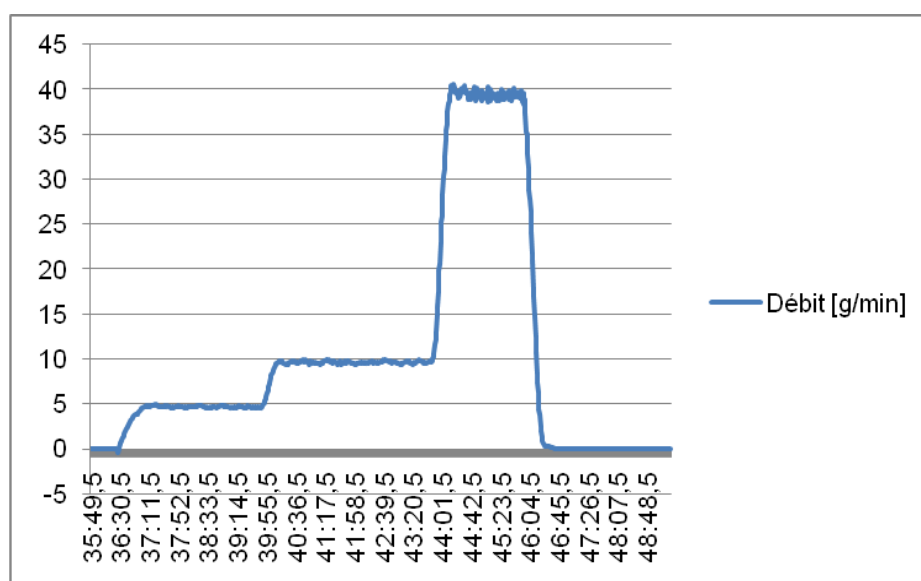


Fig.51 : Allure de la mesure de débit

Pour arriver à une bonne mesure de débit selon la méthode précédemment expliquée, deux méthodes principales ont été testé, une dérivation directe du poids mesuré et le fitting du poids en fonction du temps. Ces tests ont été effectués avec la pompe en mode manuel et à deux valeurs de la commande à incrémentation de la pompe, 10 40 et 90 pour les 10 premiers essais et 10 et 20 pour les autres essais, $10 = 4.8 \text{ g/min}$, $20 = 9.8 \text{ g/min}$, $40 = 19.8 \text{ g/min}$ et $90 = 44.8 \text{ g/min}$.

Essai 1 : dérivation du poids et moyenne débit sur 15 secondes

Essai 2 : moyenne sur 15 secondes du poids et dérivation pour le débit

Essai 3 à 16 : utilisation du bloc de fitting d'abords avec un seul point en entrée sur le bloc, puis avec les deux tableaux et cela fait avec différent type de fitting et différent type de moyenne sur le débit.

Les résultats obtenus sont en annexe 16.

5.3.5 Ecriture des sorties

Le dernier bloc est le bloc où l'on va écrire sur les deux sorties. Il y a la commande de la pompe par un signal 0-10V et la commande du clapet via le régulateur pas un signal 4-20mA. La partie régulateur est placée dans ce bloc, ceci est un choix. Il aurait été tout aussi efficace de créer une étape entre l'acquisition des données et l'écriture sur les sorties pour implémenter les régulateurs. Le dimensionnement des régulateurs est détaillé au chapitre régulation.

Le principe de fonctionnement est le même pour les deux sorties. La consigne est la mesure sont lues en parallèle et arrivent sur le régulateur. Le régulateur donne la commande à passer sur la sortie si le bouton « mode automatique » de l'élément commandé est activé, la commande est également loggée.

La consigne est donnée par l'intermédiaire d'une fenêtre auxiliaire, car n'ayant pas accès à un clavier et une souris, il faut incrémenter ou décrétement la consigne à la main. Cette fenêtre ne peut s'ouvrir que lorsque l'on se trouve en mode automatique.

Un problème c'est posé lorsque la première fois il a fallu passer une valeur de commande au programme principal. En effet la première version utilisait une variable locale, utilisable que dans le VI où elle est créée, et comme la fenêtre est un VI que l'on appelle dans le programme principal la consigne ne changeait que lorsque l'on ferme la fenêtre.

Pour éviter ce problème l'utilisation d'une variable globale, cette variable est accessible en lecture et en écriture dans n'importe lequel des VI du projet, à la place de la variable locale a permis d'avoir le changement de consigne de façon direct.

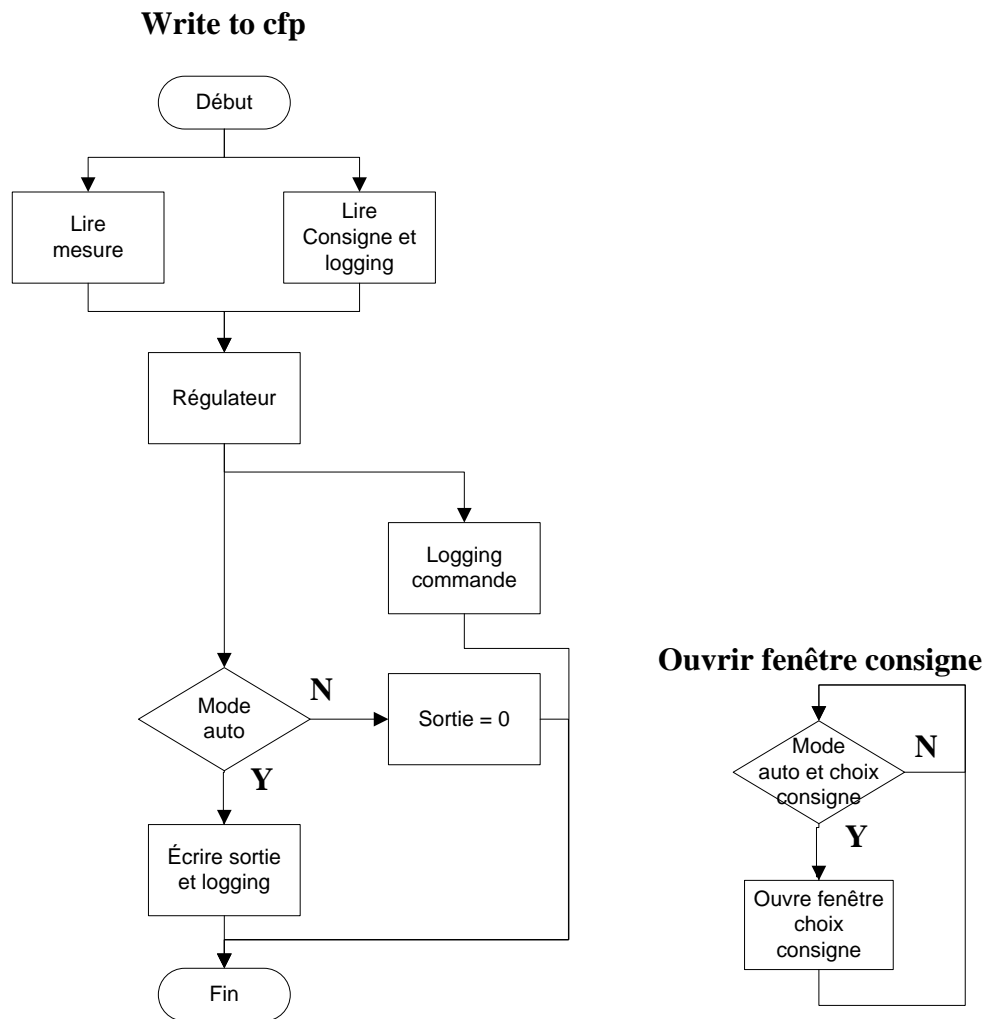


Fig.52 : Diagramme fonctionnel écriture des sorties

5.3 Sous-programme

La fenêtre donnant la consigne au programme est un sous-programme. Un sous-programme est en fait un VI que l'on va activer dans un autre VI de rang supérieur. Pour cela il faut donner au VI servant de sous-programme des entrées et des sorties, si nécessaire.

Le sous-programme pour choisir la consigne se présente comme suit

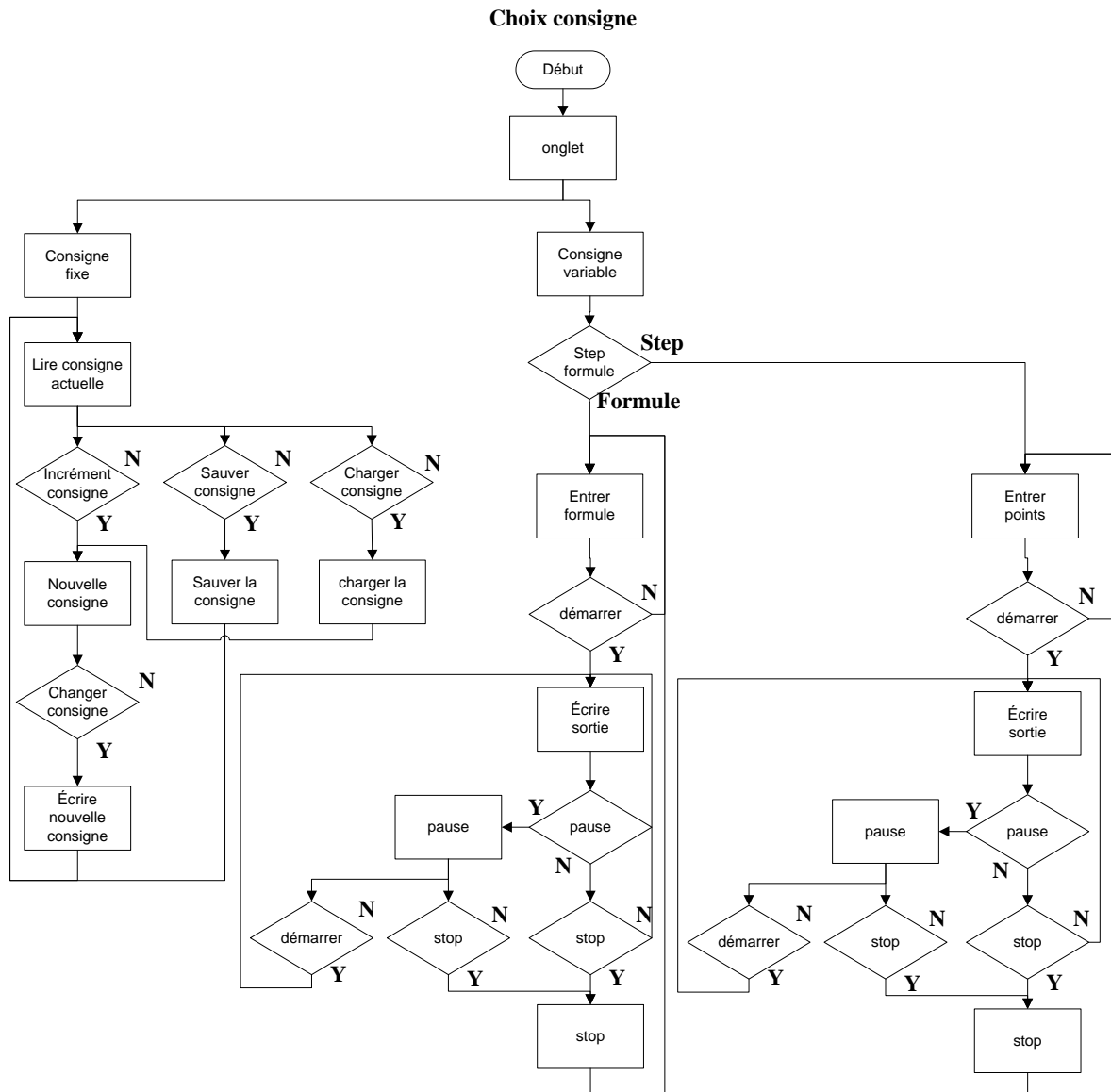


Fig.53 : Diagramme fonctionnel choix consigne

Pour la consigne il y'a le choix entre entrer une consigne fixe ou une consigne variable. La consigne fixe se modifie en appuyant sur des boutons incrémentant et décrémentant sa valeur. Un bouton « sauver consigne » enregistre la consigne actuel, le « bouton charger » consigne affiche la dernière consigne sauvé, la sauvegarde est perdue lors de la fermeture de la fenêtre. Le bouton « changer consigne » donne la valeur de la consigne au programme principal.

La consigne variable peut se faire de deux façon, ont peut entrer une formule ou alors faire un profil de points. Le bouton « Démarrer consigne » lance l'écriture sur la sortie de la consigne, « Pause consigne » permet met à zéro la consigne et l'appui sur démarrer reprend la consigne ou elle s'était arrêtée. « Stop consigne » met à zéro la consigne lors du prochain démarrage la consigne repart de zéro.

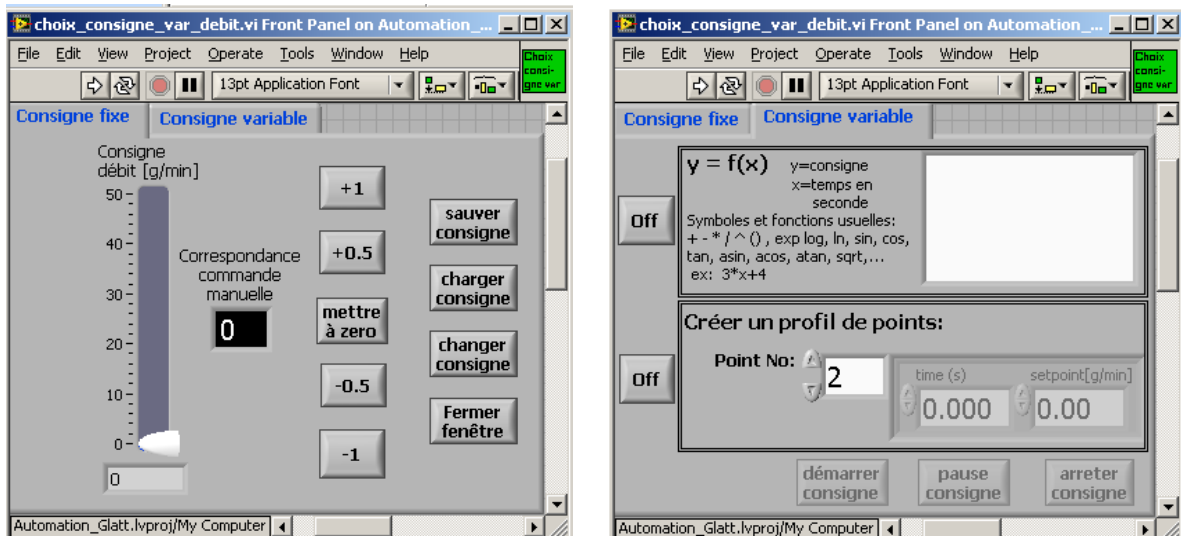


Fig. 54 : Allure de la fenêtre choix consigne

5.4 Interface Homme-machine

Afin d'avoir une interface agréable et pratique à utiliser, LabView met à disposition une base de données d'images permettant de créer des processus sur l'interface utilisateur. Pour accéder à cette base de données il faut aller sous l'onglet « Tools – DSC module – Image navigator ».

Ceci ouvre alors la fenêtre de la base de données où toute une gamme d'éléments très divers peut être sélectionnée. Sous option les éléments peuvent être modifiés.

Dans le menu de LabView sous « Edit – enable/disable panel grid alignment », cette option permet d'activer ou de désactiver l'alignement automatique dans l'interface utilisateur et rend plus facile la pose des différents éléments sélectionnés.

Pour rendre l'interface plus interactive, il existe la possibilité de griser ou de cacher les éléments présents sur l'interface. Cela se fait à l'aide du nœud de propriété.

Pour éviter à l'utilisateur de se balader comme bon lui semble dans les fenêtres, d'avoir accès à des menus dont il n'a pas besoin et de l'empêcher de modifier la fenêtre comme il le souhaite, en faisant clic droit sur l'icône du programme en haut à droite de la fenêtre, on accède aux options graphique de l'interface utilisateur. Et sous « windows Appearance - Custom – Customize... » on arrive sur les options d'affichage de l'interface.

Supervision et régulation sécheur de poudre à lit fluidisé

Travail de diplôme 2009

Martins Joël

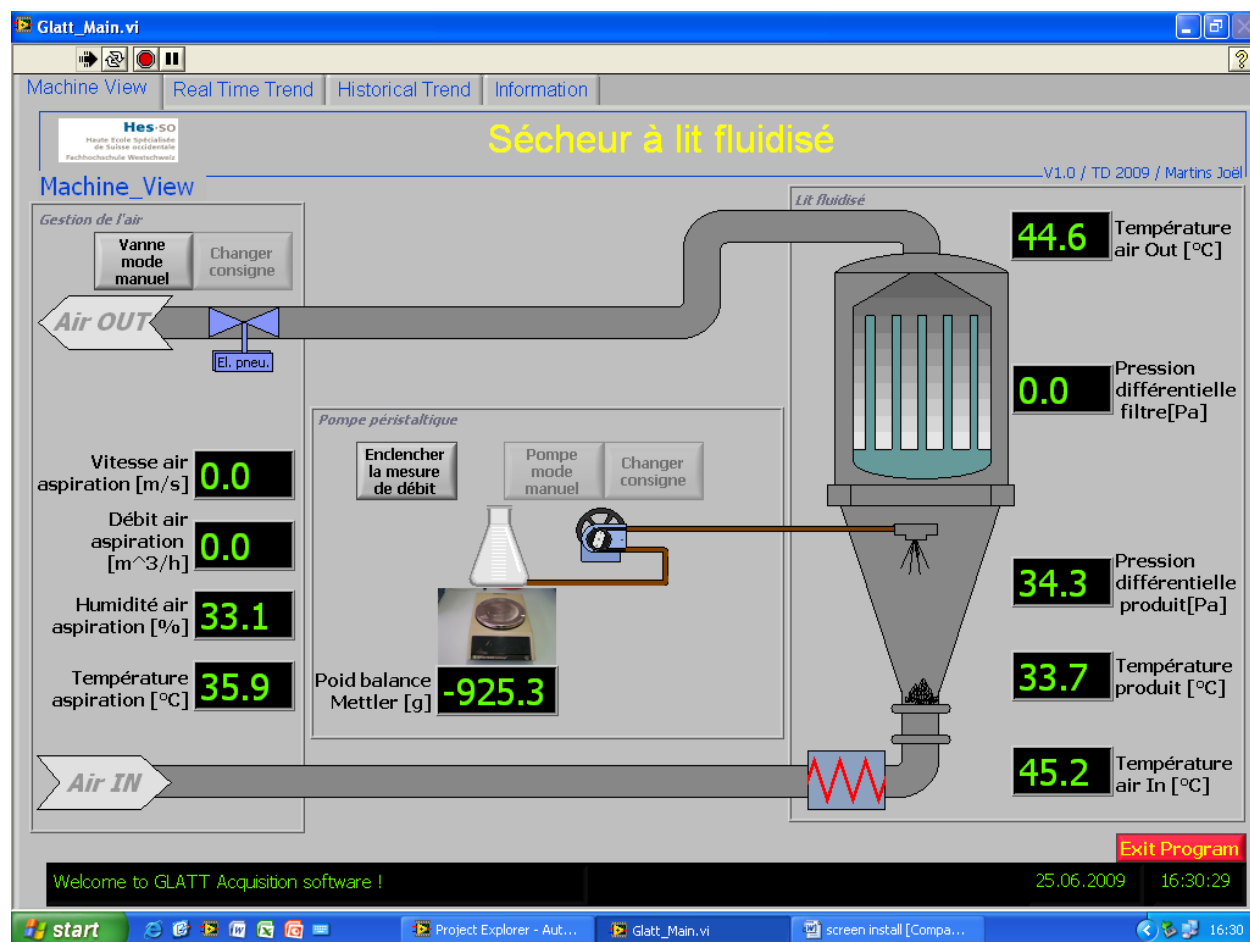


Fig. 55 : Interface utilisateur avec des éléments cachés et grisés

Dans la figure ci-dessus, les options de l'affichage de la fenêtre sont clairement visibles, il n'y a plus de menu, pas la possibilité de fermer la fenêtre par la croix en haut à droite et les barres de déplacement haut-bas et gauche-droite ont disparues.

Le grisage et l'invisibilité de certains éléments peuvent se voir lors de l'appui sur « vanne mode manuel » par exemple. On peut constater que l'affichage de la consigne apparaît et que l'accès au changement de la consigne s'active.

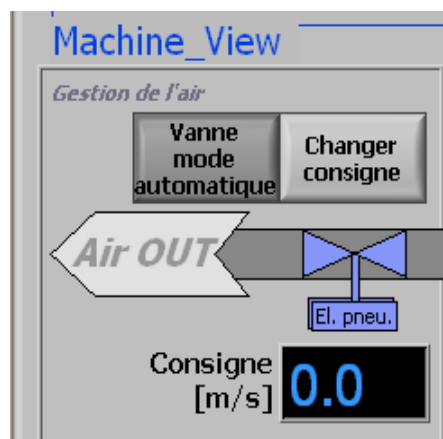


Fig. 56 : Exemple manipulation affichage

6. Régulation

Comme il a été dit précédemment vu, deux grandeurs sont à réguler. Il s'agit de la vitesse de l'air dans la machine via la manipulation d'un clapet, et du débit fourni par la pompe péristaltique. Il a été demandé de réguler ces grandeurs afin de ne plus à avoir à ajuster en permanence la valeur que l'on souhaite avoir.

6.1 Dimensionnement PID débit

Concernant la pompe, sur cette installation, elle est utilisée avec un seul tube de diamètre intérieur de 3.35 mm. Ceci permet de ne dimensionner qu'un seul régulateur, car lorsqu'avec une pompe péristaltique un tube de diamètre différent est utilisé le débit fourni par la pompe s'en voit modifier.

Une première tentative de réguler le débit a été tentée en utilisant le bloc PID fourni par LabView en boucle fermée de manière directe. Alors que le système est stable en boucle ouverte, lors de l'implantation du PID avec $K_p = 1$, afin de tester le comportement du PID, la réponse obtenue était une oscillation amortie et une erreur permanente d'environ 50%.

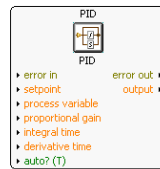


Fig. 57 : Bloc PID

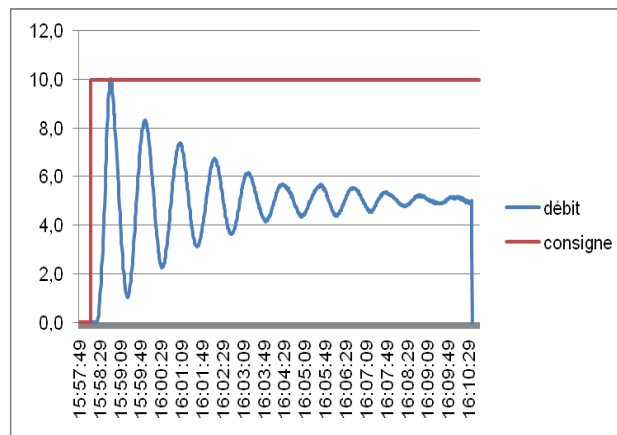


Fig. 58 : Réponse obtenue lors du test du bloc PID

Il a alors été décidé de ne pas utiliser ce bloc, car ce genre de bloc ne peut être ouvert afin d'observer la manière dont est implémenté le PID.

C'est pourquoi il lui a été préféré le bloc ci-dessous, ce bloc a été utilisé à plusieurs reprises par le responsable des projets LabView de l'école et son utilisation est bien plus sûre.



Fig. 59 : Bloc PID

6.1.1 Commande à priori

Néanmoins ce bloc est inutilisable dans une boucle fermée directe. C'est pourquoi un régulateur avec une commande à priori est implémenter pour contrôler le processus. Un gain sur le PID permet d'ajuster l'effet du PID sur la commande finale.

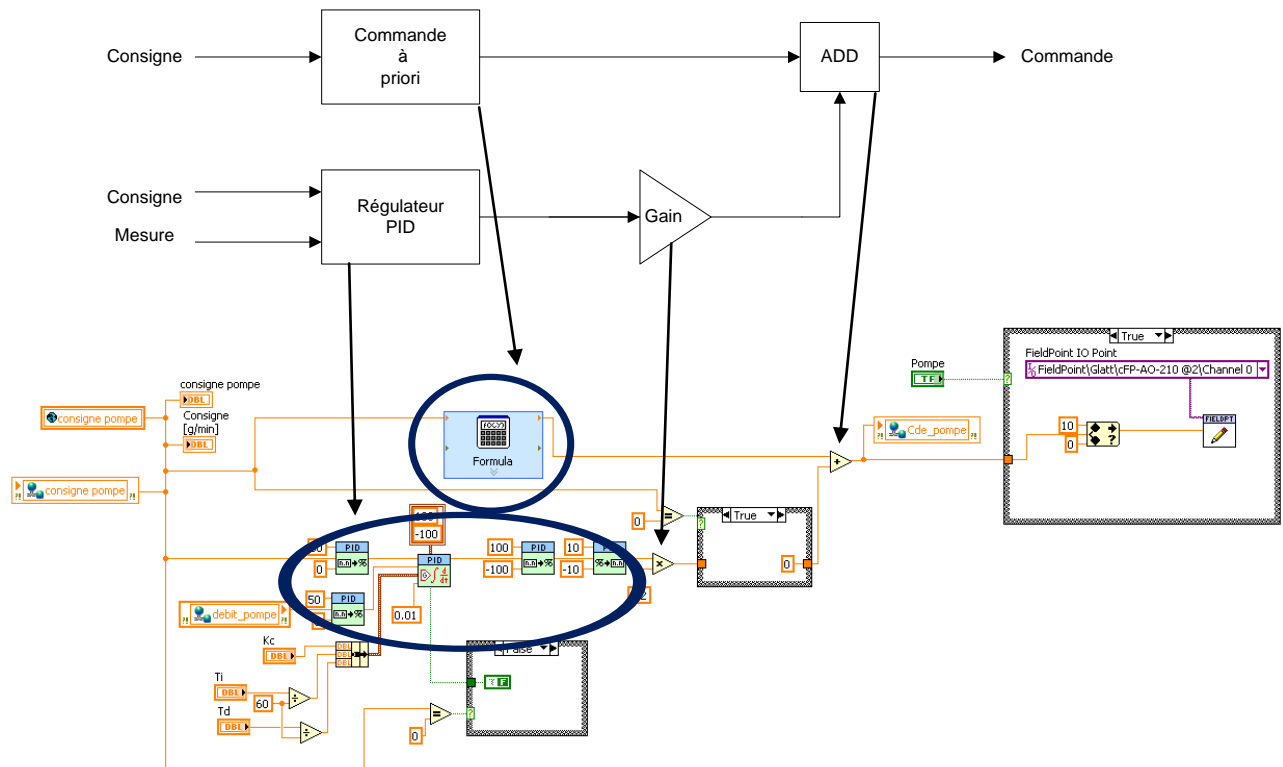


Fig. 60 : Principe de fonctionnement de régulateur et implémentation dans LabView

La commande à priori est la pour amené le processus à son point de fonctionnement et le régulateur n'intervient que pour corriger les perturbations sur le processus. La commande à priori est en fait une fonction reliant la consigne, ici en g/min, à la commande du processus, ici de 0 à 10V. Cette fonction à été faite en commandant le processus en boucle ouverte de 0 à 10V et en mesurant le débit correspondant. Puis à l'aide d'Excel, il a fallu tracer la courbe donnant en fonction du débit la commande a appliqué au processus.

Supervision et régulation sécheur de poudre à lit fluidisé

Travail de diplôme 2009

Martins Joël

cde 0_10V	débit [g/min]
0	0.0
0.4	1.6
0.8	3.8
1.2	6.2
1.6	7.6
2	9.0
2.4	9.8
2.8	11.4
3.2	12.6
3.6	14.6
4	16.4
4.8	21.0
5.6	24.2
6.4	28.0
7.2	32.0
8	37.4
9	41.4
10	46.2

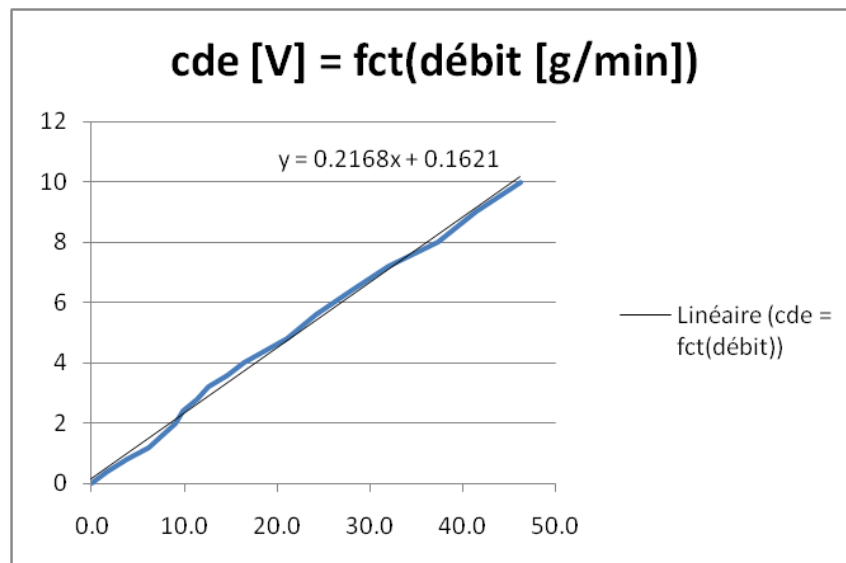


Fig. 61 : courbe et formule de la commande à priori

6.1.2 PID

Pour dimensionner le régulateur concernant le débit, il a fallu procéder par essai successif. Ceci est dû au fait que le processus ne peut être calculé. Un gain de 0.2 a été choisi pour l'effet du régulateur sur la commande.

Un premier essai a consisté à utiliser la méthode empirique du gain critique de Ziegler_Nichols, annexe 17. Un gain critique de 10 a été trouvé et la période critique des oscillations était d'environ 46 secondes.

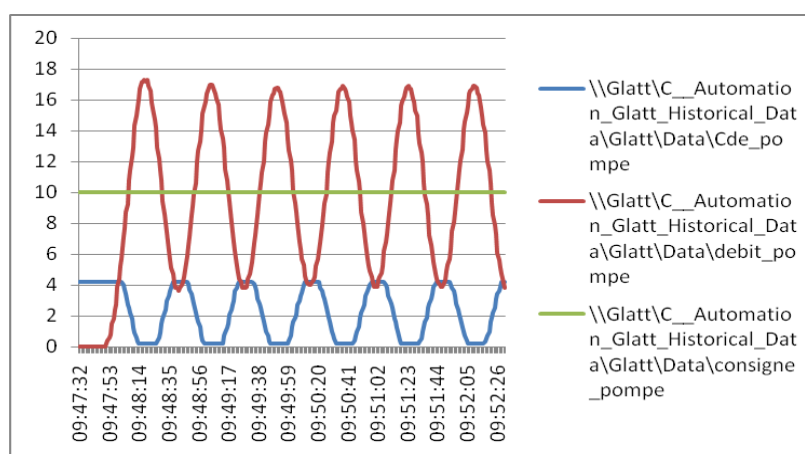


Fig. 62 : Courbe de mesure du gain critique

Avec ces valeurs, le PID a été dimensionné avec $K_p = 6$, $T_i = 23s$ et $T_d = 5.75s$. Un comportement fortement instable est apparu lors de l'essai du PID et il a donc été décidé de procéder sans méthode particulière pour dimensionner le PID.

Supervision et régulation sécheur de poudre à lit fluidisé

Travail de diplôme 2009

Martins Joël

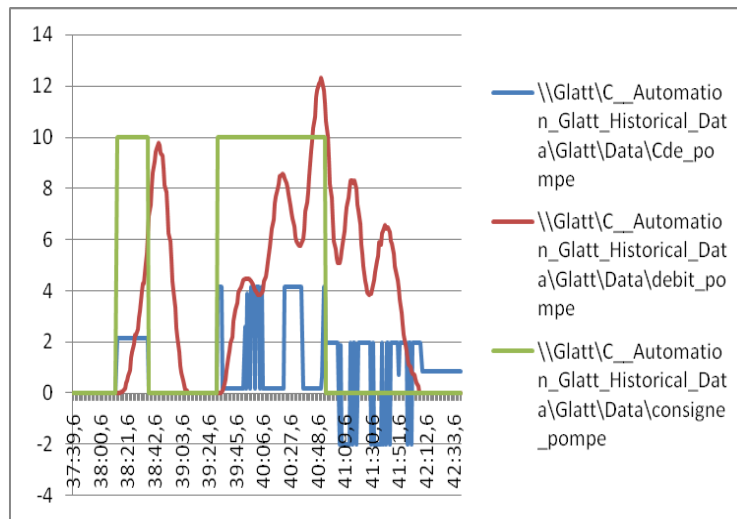


Fig. 63 : Réponse instable PID dimensionnée avec Ziegler-Nichols

Après plusieurs dizaines d'essais, un comportement correct a été trouvé pour le régulateur. Il a d'abord été nécessaire de trouver un rapport entre K_p et T_i permettant une montée rapide à la consigne et ayant un dépassement inférieur à 30% de la consigne. Puis d'insérer une valeur de T_d permettant de diminuer le dépassement à moins de 5% de la consigne. Avec cette méthode les rapports donnant $K_p = 5 \cdot T_i$ et $T_d = 5/3 \cdot T_i$ a été trouvé. Les valeurs finales pour le régulateur sont $K_p = 0.45$, $T_i = 0.09$ et $T_d = 0.15$.

Le graphique ci-dessous montre la montée à la consigne, puis pour tester le comportement du régulateur une perturbation, sous la forme d'une obstruction dans le tube amenant le produit, a été forcée. On voit que le régulateur remonte à la consigne lors de perte de débit, et lors du retrait de l'obstruction, le régulateur revient correctement à la consigne.

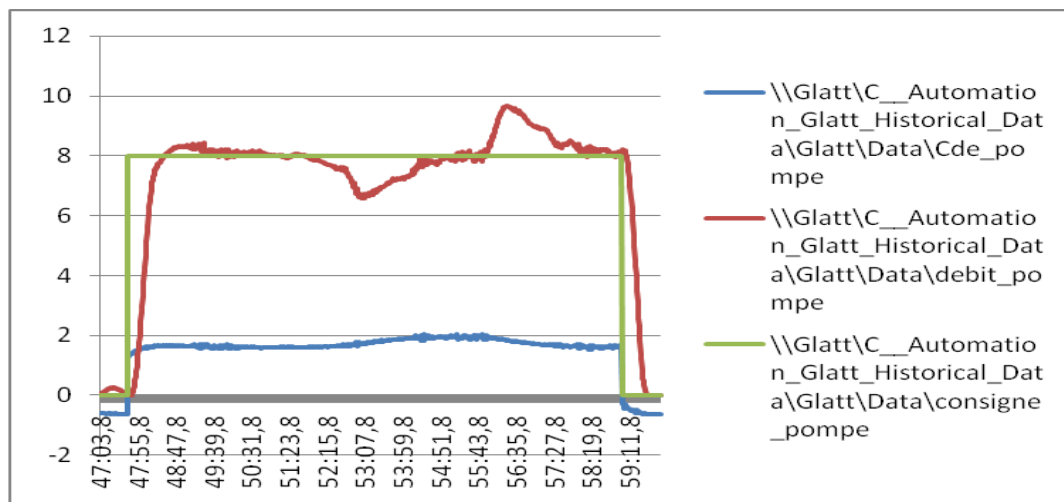
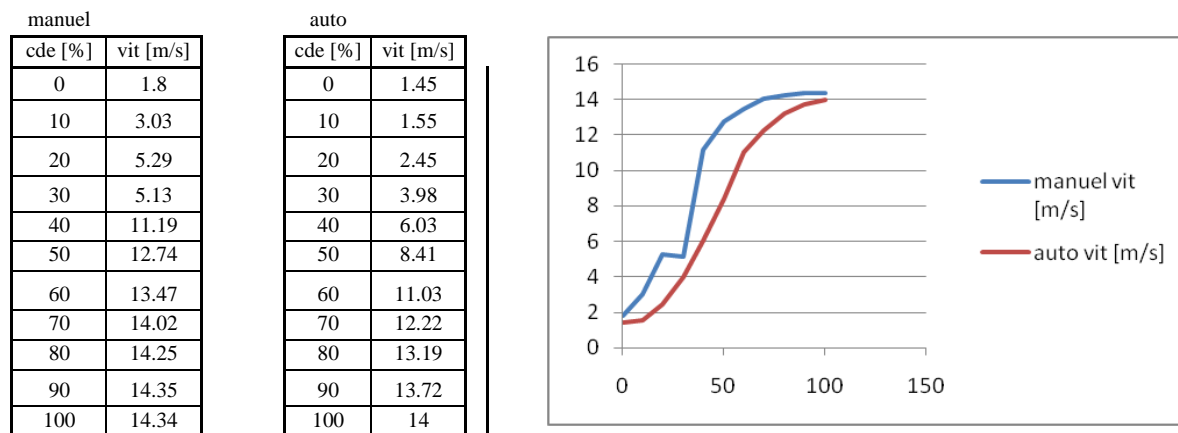


Fig. 64 : Comportement final du régulateur

6.2 Dimensionnement PID vitesse

Le réglage de la vitesse se fait par le biais d'un clapet pneumatique commandé par un régulateur de pression. Il a été remarqué que le processus ne se comportait pas de la même façon en mode manuel ou en mode automatique.



6.2.1 Caractérisation processus

Comme la mesure de vitesse est directement sur le processus, il a été possible de le caractériser. Après avoir soumis le processus à un saut de consigne, les valeurs servant pour le dimensionnement selon les méthodes empiriques de Zielger-Nichols et de Chien-Hrones-Reswick ont été relevées. Les explications concernant le moyen de choisir les différentes valeurs des régulateurs selon les méthodes empiriques sont détaillées en annexe 17. Les valeurs suivantes ont été relevées sur le saut de consigne appliqué au process, $T_g = 16-19s$, $T_u = 2s$, et $K_s = 1.2$.

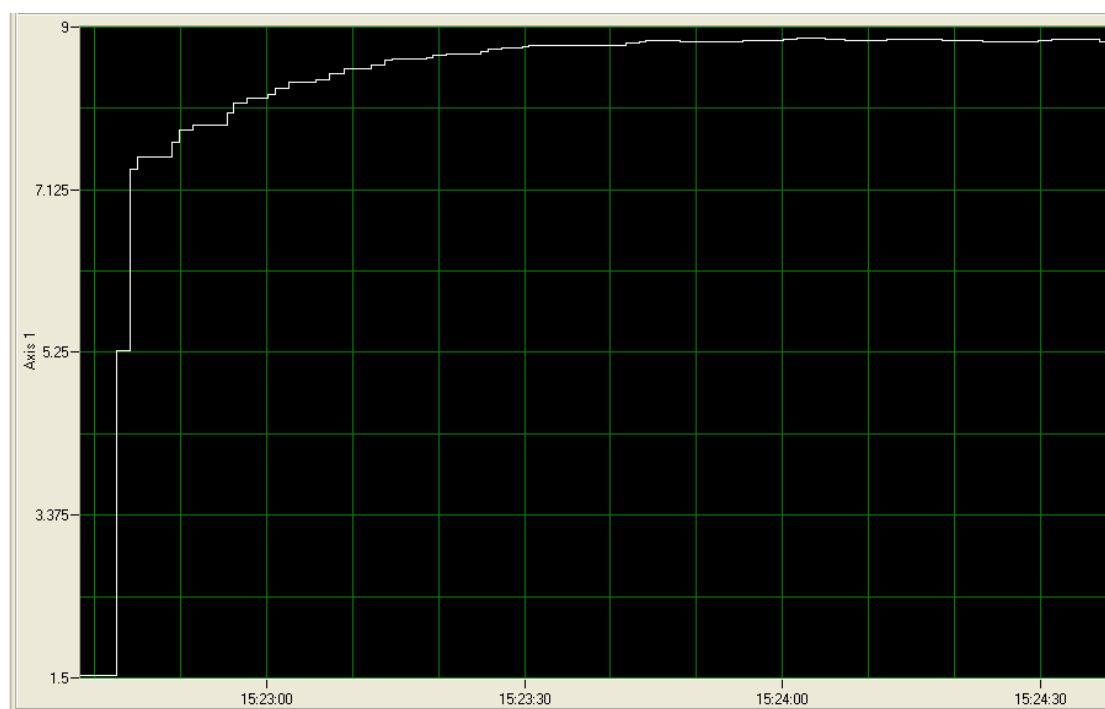


Fig. 66 : Réponse du process a un saut de consigne de 50%

6.2.2 Commande à priori

Comme dans le régulateur de débit, la régulation directe ne peut pas fonctionner avec le bloc PID de LabView. Donc le choix s'est porté vers une commande à priori.

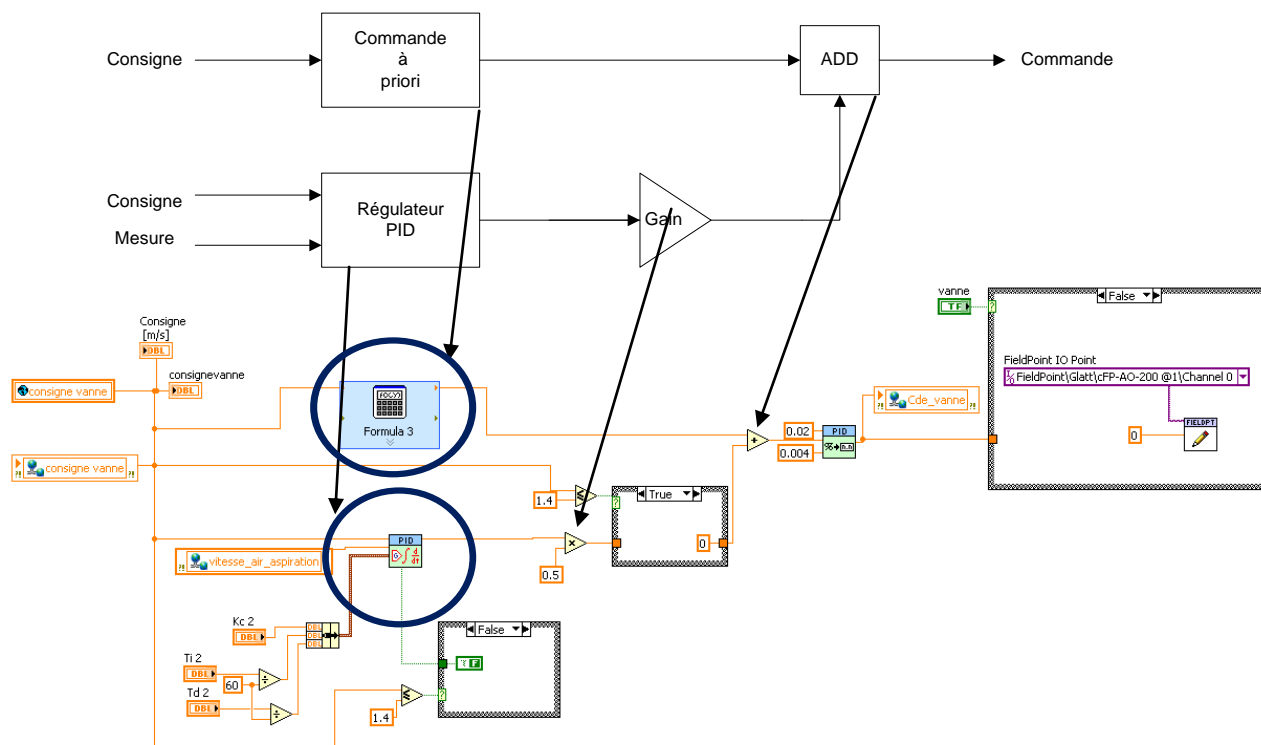


Fig. 67 : Principe de fonctionnement de régulateur et implémentation dans LabView

La commande à priori est la pour amené le processus à son point de fonctionnement et le régulateur n'intervient que pour corriger les perturbations sur le processus. La commande à priori est en fait une fonction reliant la consigne, ici en m/s, à la commande du processus, ici de 4 à 20 mA. Cette fonction à été faite en commandant le processus en boucle ouverte de 0 à 100% et en mesurant la vitesse correspondante. Puis à l'aide d'Excel, il a fallu tracer la courbe donnant en fonction de la commande a appliqué au processus.

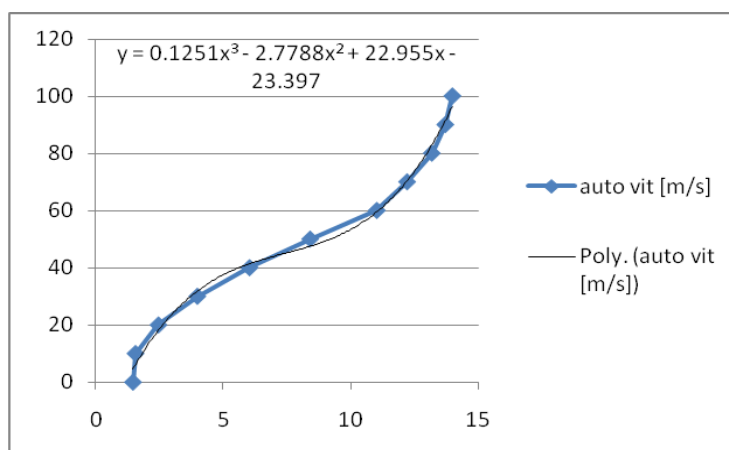


Fig. 68 : courbe et formule de la commande à priori

6.2.3 PID

Comme pour la régulation de débit, il a d'abord tenté de faire un réglage direct du processus. Et donc avant de se rendre compte que le bloc PID de LabView ne pouvait pas être utilisé comme cela, quelques essais ont été réalisés.

Les deux premiers essais ont été réalisés à l'aide de la méthode « réponse à un saut indiciel » de Zielger-Nichols et selon la méthode « apériodique – maintien » de Chien-Hrones-Reswick pour un dimensionnement d'un PID. Dans les deux cas la réponse obtenue du processus est une oscillation permanente.

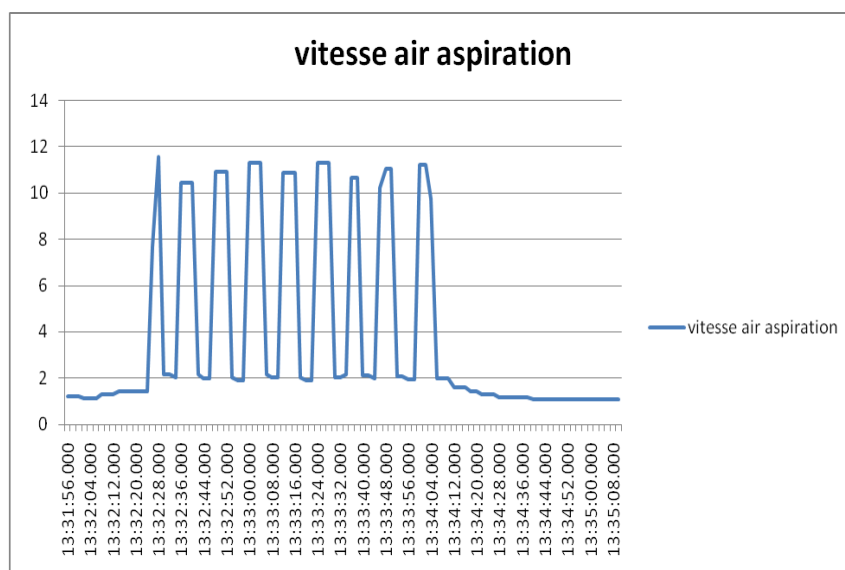


Fig. 69 : réponse oscillatoire du processus

Les deux essais suivants ont été réalisés à l'aide de la méthode « réponse à un saut indiciel » de Zielger-Nichols et selon la méthode « apériodique – maintien » de Chien-Hrones-Reswick pour un dimensionnement d'un PI. Dans les deux cas la réponse obtenue du processus n'arrive pas à la consigne, qui est de 4.5 m/s.

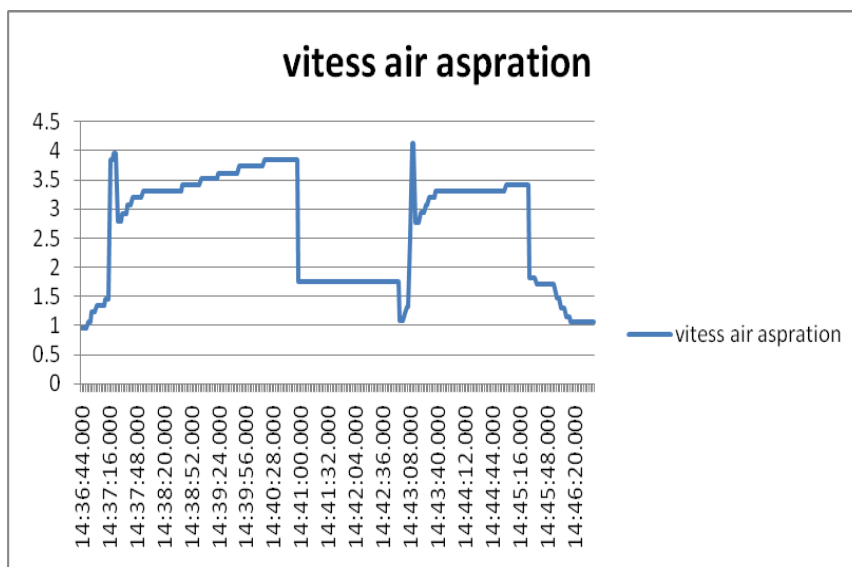


Fig. 70 : réponse du processus

Supervision et régulation sécheur de poudre à lit fluidisé

Travail de diplôme 2009

Martins Joël

Le régulateur a pour la régulation de la vitesse de l'air un gain de 0,5, il agit donc plus fortement sur la commande que pour la régulation du débit. Son dimensionnement a été fait selon la méthode « apériodique – correspondance » de Chien-Hrones-Reswick. La réponse du processus obtenue est composée de 3-4 oscillations avant de se stabiliser.

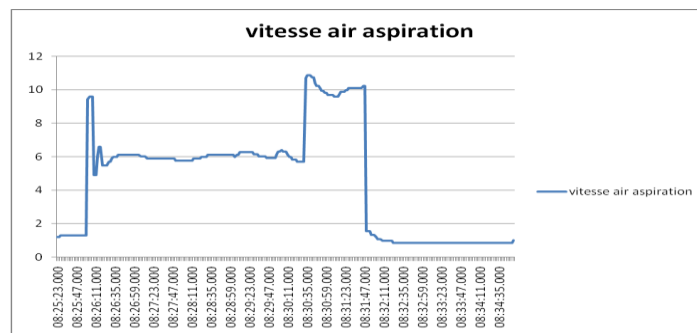


Fig. 71 : réponse du processus selon Chien-Hrones-Reswick « apériodique – correspondance »

Afin de ne pas créer un lit fluidisé trop fort lors d'une oscillation, il ne faut pas que la vitesse de l'air ne dépasse la consigne, ou alors moins de 10%. Pour cela les paramètres du régulateurs ont été corrigés apr quelques essais suppléemtnaire pour obtenir le réponse ci-dessous.

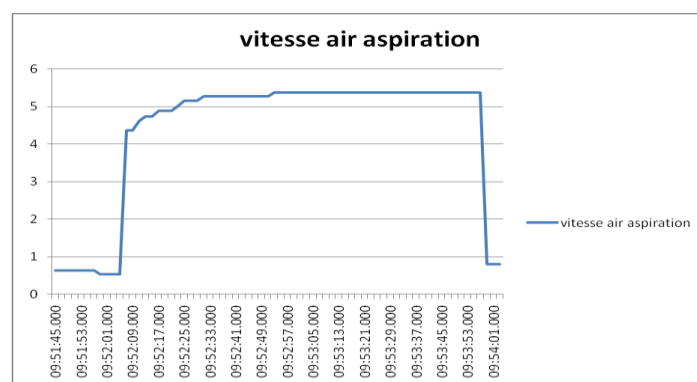


Fig. 72 : réponse du processus avec les paramètres corrigés

Finalement, il y'as un léger dépassement de la mesure avec la régualtion, mais elle reste faible. La régulation a ensuite été testée en créant une fuite d'air sur la machine. La correction s'effectue correctement lors de l'apparition de la fuite puis lors de l fermeture de la fuite.

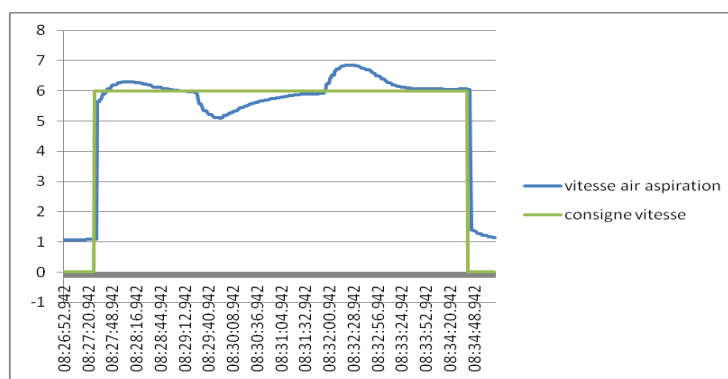


Fig. 73 : Comportement final du régualteur

7. Conclusion

Dans l'ensemble, le projet s'est déroulé sans gros problème. Le fait de devoir commencer les modifications sur la machine le plus vite possible, quelques erreurs sont survenues. Le problème sur la mise en série des afficheurs avec le module d'entrée sortie, la mise en parallèle du régulateur avec le choix par le distributeur en sont deux.

Concernant le programme, la base sur laquelle le projet a commencé était déjà utilisable, seulement quelques modifications ont été nécessaires. Avec cette base solide le temps a pu être utilisé pour se concentrer sur l'acquisition des données et l'implémentation des régulateurs. Le point le plus long dans la programmation a été de mesurer correctement le débit sans quoi la régulation n'aurait pu être faite. L'interface homme-machine a été rapidement mise en place, labView étant relativement orienté contrôle de processus.

Le fait de travailler à deux sur la machine pour le travail de diplôme, a été intéressant. Le temps de travail c'est réparti très facilement, ce qui a grandement faciliter la communication. Grace à ces bonnes conditions de travail, les problèmes et les attentes vis-à-vis de la machine été très claire.

Sur la machine, peu d'amélioration technique peuvent être apportée. Cependant, il y 'aurait la possibilité, par l'intermédiaire d'un capteur mesurant la hauteur du lit fluidisé, d'avoir une régulation non pas seulement sur la vitesse de l'air mais sur le lit fluidisé directement.

8. Bibliographie

Cours	:	Cours mécatronique 2 (Hes-so Sion), Introduction à LabView (Aldo Vaccari)
Internet	:	www.KIMO.fr , www.beck-sensors.eu , www.smc.ch , www.ni.com
Catalogue	:	Distrelec, Rittal
Livre	:	-

9. Annexes

➤ Annexe 1	:	mode d'emploi sécheur de poudre
➤ Annexe 2	:	planning prévisionnel
➤ Annexe 3	:	planning de l'avancement du projet
➤ Annexe 4	:	schéma électrique
➤ Annexe 5	:	modification dans schéma électrique de l'installation
➤ Annexe 6	:	capteur de pression différentielle
➤ Annexe 7	:	capteur de vitesse de l'air
➤ Annexe 8	:	régulateur de pression
➤ Annexe 9	:	explication configuration régulateur de pression
➤ Annexe 10	:	mode d'emploi de la supervision
➤ Annexe 11	:	écran tactile
➤ Annexe 12	:	module d'entrées-sorties
➤ Annexe 13	:	bloc d'entrées
➤ Annexe 14	:	bloc de sorties
➤ Annexe 15	:	dossier technique concernant les modifications sur l'installation
➤ Annexe 16	:	essais mesure de débit
➤ Annexe 17	:	méthode empirique de dimensionnement PID

[illegible][illegible]

[illegible][illegible]

Mode d'emploi

Sécheur de poudre à lit fluidisé

TD 2009

Table des matières

1.	Introduction	2
2.	Branchements Pompe et Balance	3
2.1	Configuration balance :.....	4
3.	Démarrage du programme	5
4.	Utilisation du programme	7
4.1	Onglet « machine View » :.....	8
4.2	Onglet « Real Time Trend » :	12
4.3	Onglet « Historical Trend » :	13
5.	Changer la consigne	16
5.1	Consigne fixe :	16
5.2	Consigne variable :	17

Supervision sécheur de poudre à lit fluidisé

Mode d'emploi



Mode d'emploi

Sécheur de poudre à lit fluidisé

TD 2009

1. Introduction

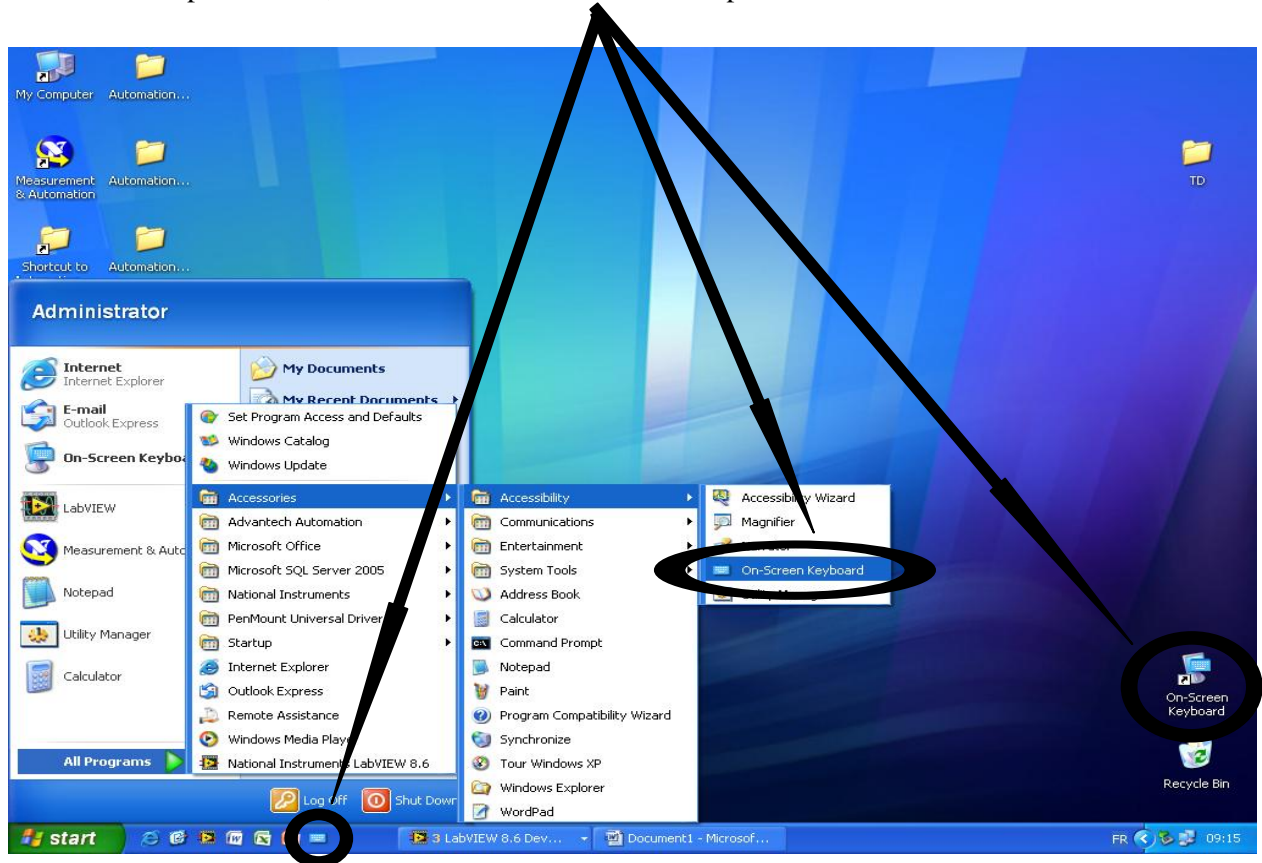
Ce mode d'emploi a pour but d'aider à prendre en main le programme de contrôle et de supervision de l'installation de séchage de poudre à lit fluidisé.

Ce programme permet d'avoir accès aux fonctions suivantes :

- Choisir entre mode manuel et automatique
- Contrôle et commande
- Lecture des valeurs instantanées des différentes grandeurs physiques utiles à l'utilisateur
- Lecture sur graphes des différentes grandeurs physiques en temps réel, pour une observation dans le temps du comportement des valeurs sélectionnées
- Possibilité d'exporter dans un fichier Excel les valeurs préalablement sélectionnées sur une échelle de temps variable
- Changement de consigne

Un ordinateur à écran tactile est utilisé pour faire tourner le programme sans clavier ni souris. Voici quelques remarques concernant l'utilisation de l'écran tactile :

- Un appui bref sur l'écran correspond à un clique gauche de souris
- Appuyer sur l'écran et tirer avec le doigt pour faire une sélection groupée
- Garder appuyer le doigt sur l'écran pour faire apparaître les options concernant le clique droit de souris
- Pour taper du texte, il existe un clavier virtuel fourni par Windows :



Mode d'emploi

Sécheur de poudre à lit fluidisé

TD 2009

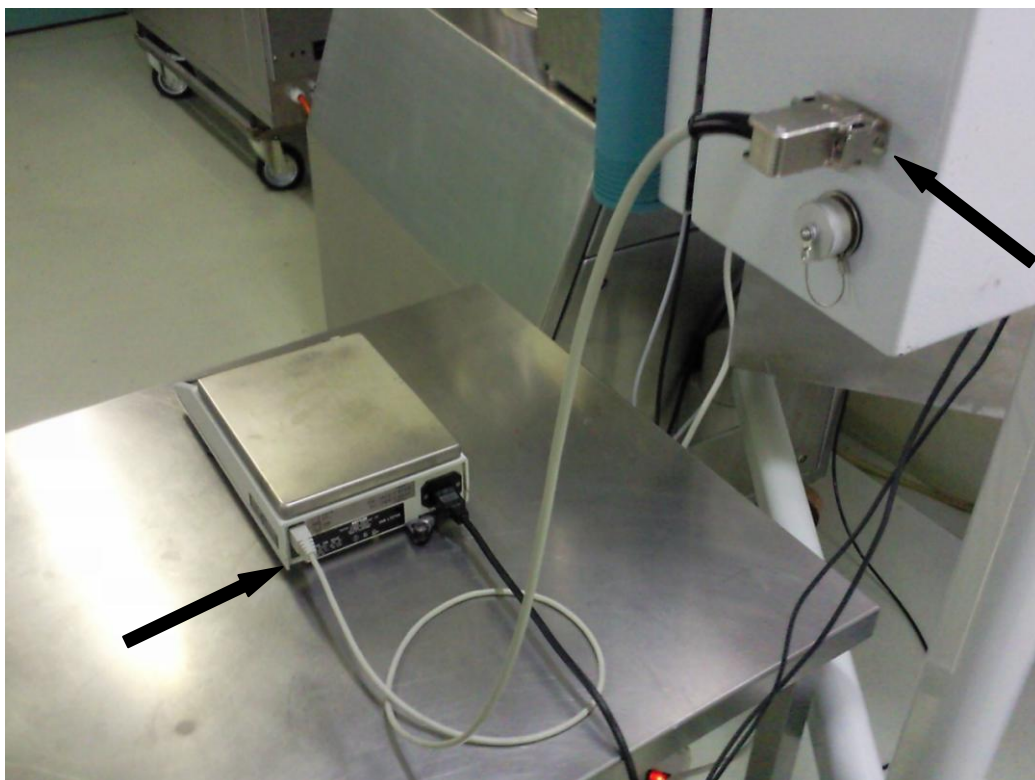
2. Branchements Pompe et Balance

Les deux appareils sont à brancher sur le 230V, il faut donc avoir accès à des prises 230V.

Concernant la pompe, il faut aussi raccorder sur son panneau arrière le câble de commande 0-10V :



Pour la balance il faut raccorder le câble RS-232 de l'arrière de la balance à la fiche présente sur le coté du coffret avec le pc tactile :



Mode d'emploi

Sécheur de poudre à lit fluidisé

TD 2009

2.1 Configuration balance :

- Allumer la balance et maintenir appuyer la barre jusqu'à voir afficher « conf » et relâcher la barre
- Appui bref pour faire défiler le menu jusqu'à « I-face », puis appui long pour entrer dans le menu de « I-face »
- Appui bref pour faire défiler les options de chaque paramètre et appui long pour confirmer l'option choisie, liste des options à rentrer :
 - « S- » cont
 - « B » 9600
 - « p » n
 - « Pause » 1
 - « Au » off
- Aller sur « End » puis appui long pour revenir en mode normal

Mode d'emploi

Sécheur de poudre à lit fluidisé

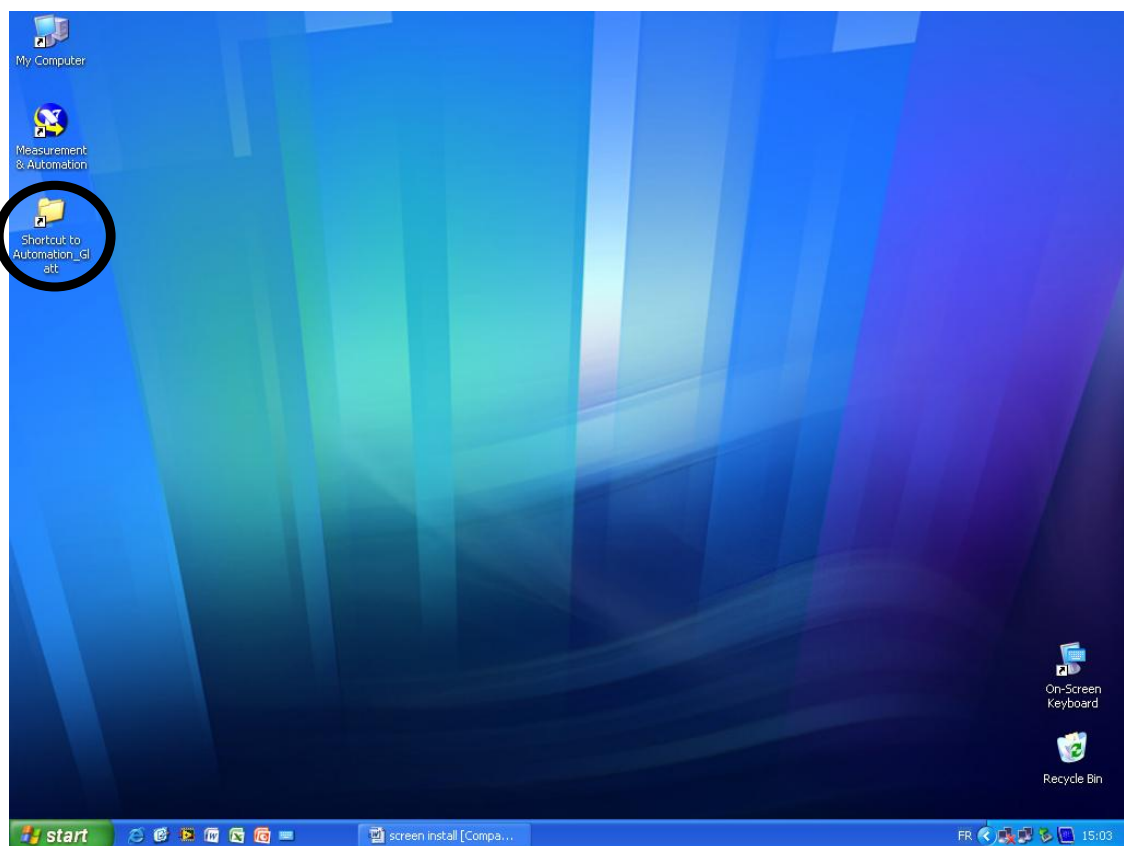
TD 2009

3. Démarrage du programme

1. Lors du démarrage de l'installation (interrupteur jaune-rouge enclenché), l'ordinateur s'allume.
2. Arriver à l'écran de sélection de l'utilisateur, cliquer sur OK. Aucun mot de passe n'est à entrer.



3. Sur le bureau de Windows, double-cliquer sur le raccourci du dossier « Automation_Glatt»

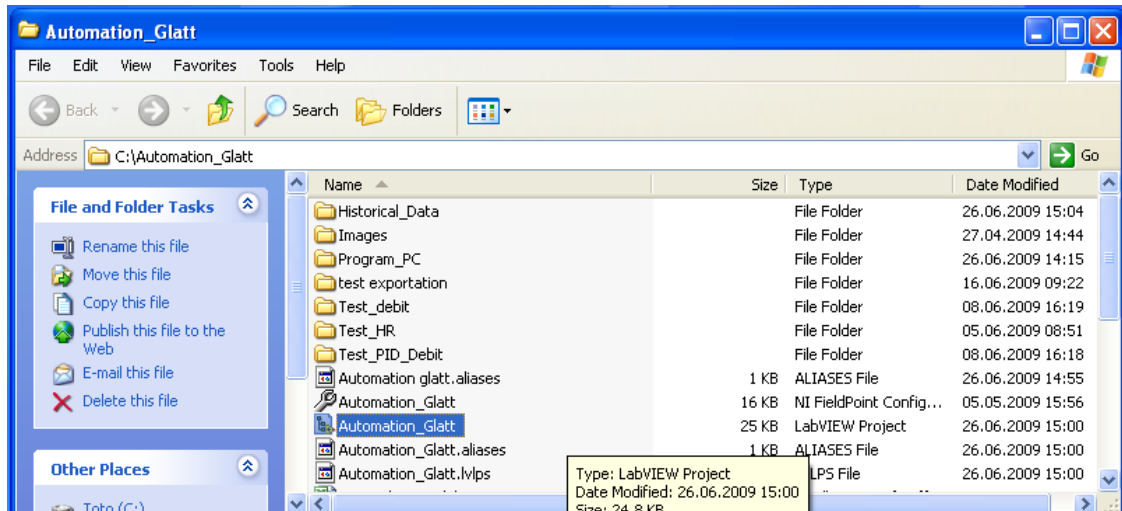


Mode d'emploi

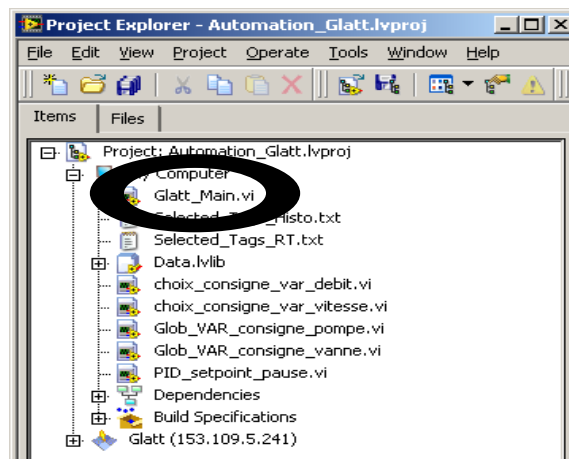
Sécheur de poudre à lit fluidisé

TD 2009

- Il faut ensuite ouvrir le fichier « Automation_Glatt.lvproj », attention il faut impérativement que ce soit le fichier de type « LabVIEW Project »



- La fenêtre d'exploration du projet ouverte, double-cliquer sur le fichier « Glatt_Main.vi » pour voir apparaître le programme d'acquisition.

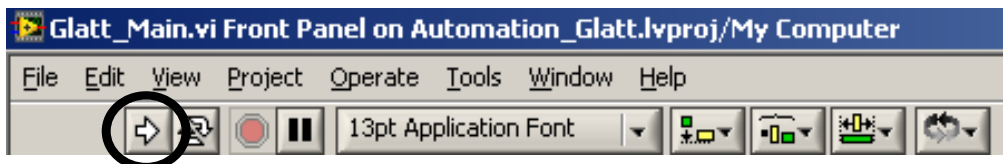


4. Utilisation du programme

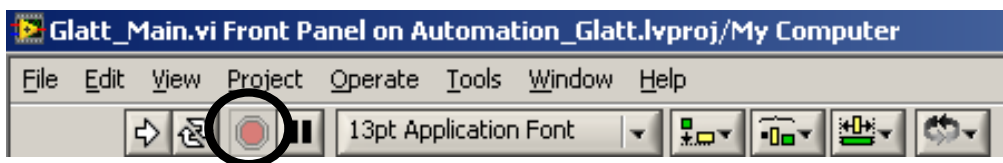
Important, il est mieux de démarrer le programme avant de commencer un essai, l'enregistrement des valeurs ne se fait que si le programme est lancé, ainsi l'état des différentes valeurs avant essais est sauvé.

Pour vérifier que le programme logue bien les variables, lancer le programme et regarder sous Real trend n'importe quelle variable, si NaN apparaît dans la fenêtre d'affichage des valeurs provenant des curseurs, c'est que l'ordinateur ne logue pas les variables. Il faut alors redémarrer l'installation.

1. Cliquer sur l'icône en formes de flèches pour démarrer le programme



2. Cliquer sur l'icône en formes de rond rouge pour stoper le programme



3. Cliquer sur le bouton « Exit program » pour quitter l'application

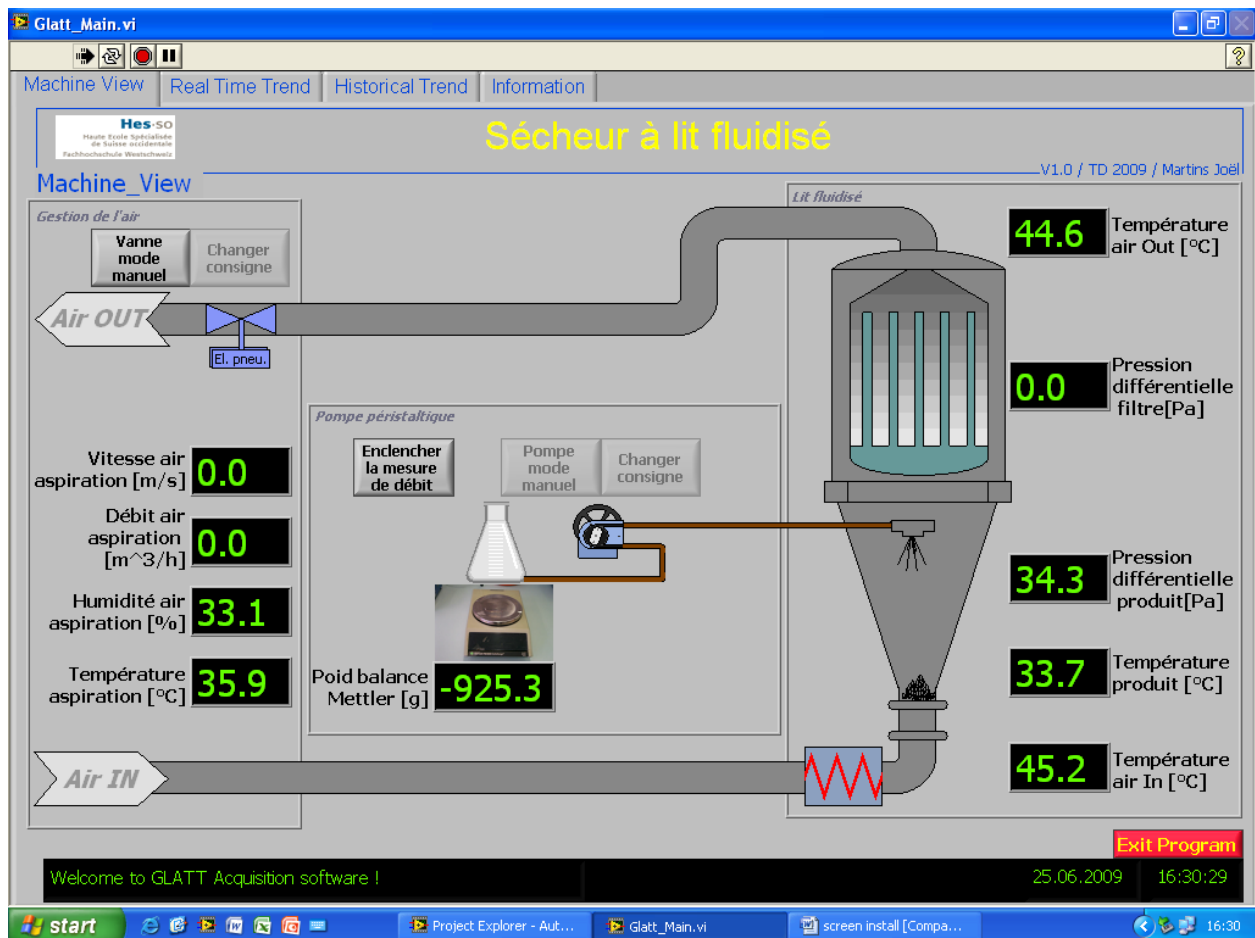


Mode d'emploi

Sécheur de poudre à lit fluidisé

TD 2009

4.1 Onglet « machine View » :



Mode d'emploi

Sécheur de poudre à lit fluidisé

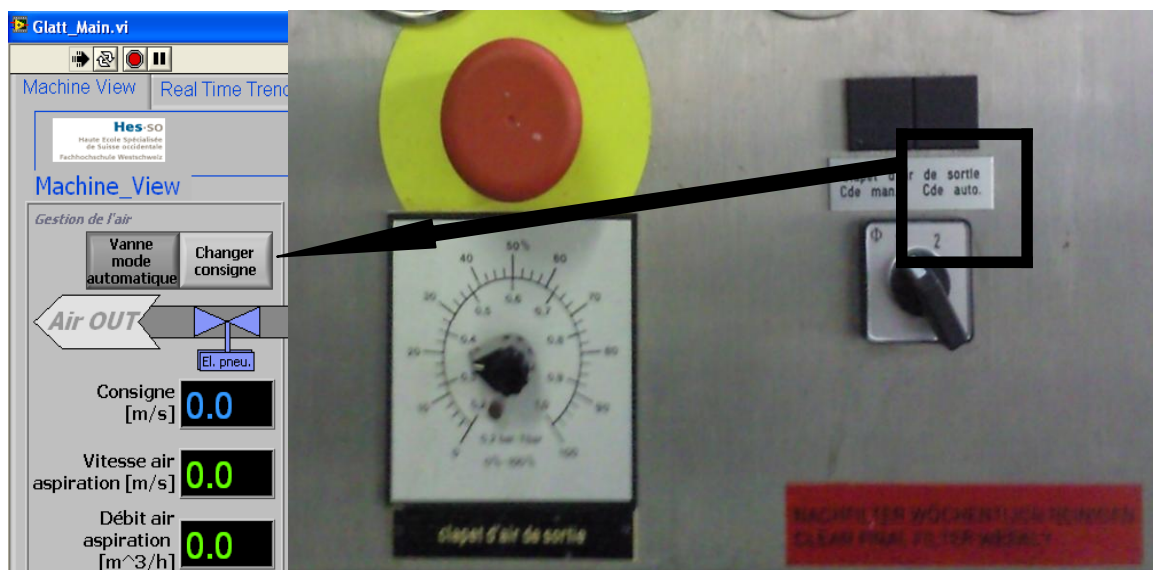
TD 2009

Pour pouvoir régler la vitesse de l'air de façon manuelle il faut sélectionner la position « 1 » de l'interrupteur ci-dessous et mettre le bouton dans l'état « vanne mode manuel » (état par défaut), ainsi la vitesse de l'air est choisie par le pot pneumatique.



Pour pouvoir régler la vitesse de l'air par le régulateur, il faut sélectionner la position « 2 » de l'interrupteur ci-dessous et mettre le bouton dans l'état « vanne mode automatique », ceci fait apparaître l'affichage de la consigne et permet d'activer le bouton permettant de changer cette consigne.

Le fonctionnement de la fenêtre permettant le changement de consigne est expliqué plus loin.



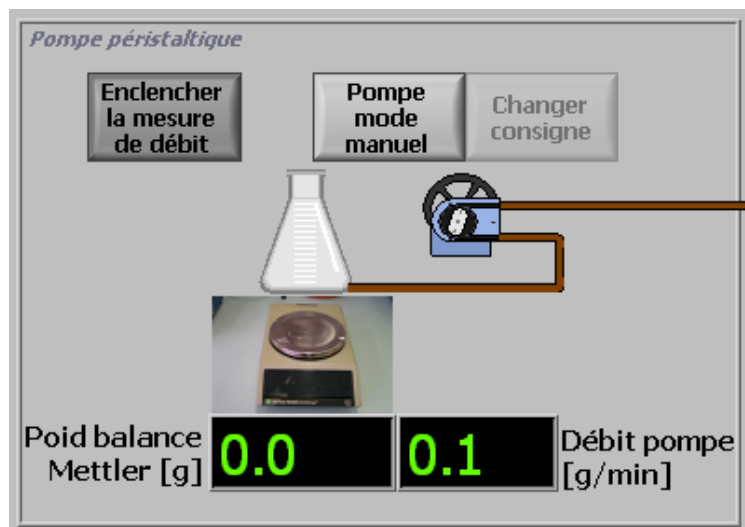
Le mode réglage de la vitesse de l'air étant choisi, la machine peut être démarrée selon les explications du mode d'emploi de la machine.

Mode d'emploi

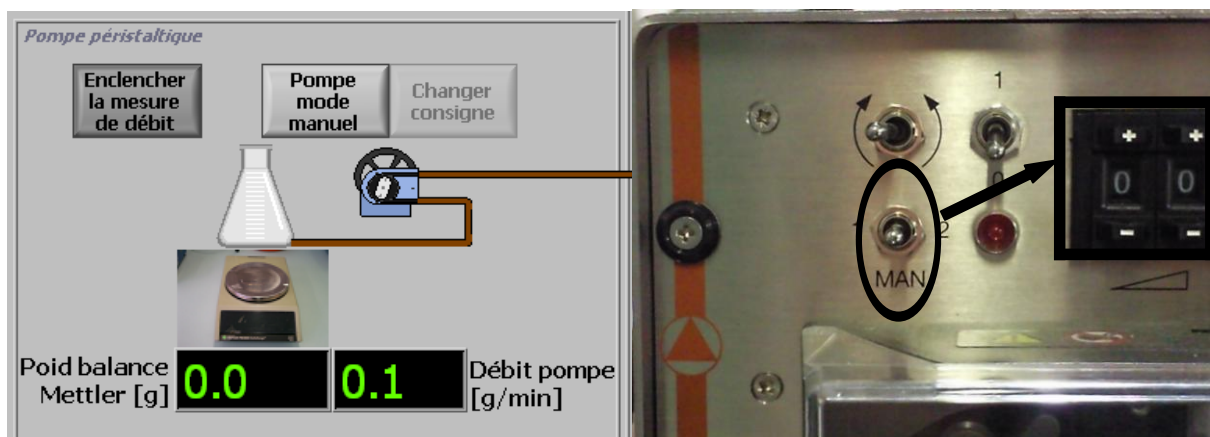
Sécheur de poudre à lit fluidisé

TD 2009

- Il est maintenant temps de lancer la pulvérisation sur la poudre. Pour ce faire il faut appuyer sur le bouton « Enclencher la mesure de débit », avant de l'enclencher mettre en place tout le dispositif de pulvérisation (tube, réservoir de produit, etc), par défaut il n'est pas activé car la mesure de débit dépendant directement de la mesure du poids et à chaque mesure fixe effectuée par la balance on évite d'enregistrer des pics de débit qui n'ont aucun sens. L'appui sur ce bouton fait apparaître l'affichage du débit et débloquer le bouton donnant l'état avec lequel on veut travailler avec la pompe.



Pour pouvoir régler le débit de façon manuelle il faut sélectionner la position « man » à l'aide de l'interrupteur ci-dessous et mettre le bouton dans l'état « Pompe mode manuel » (état par défaut), ainsi le débit est choisie par l'incrémètre de la pompe.



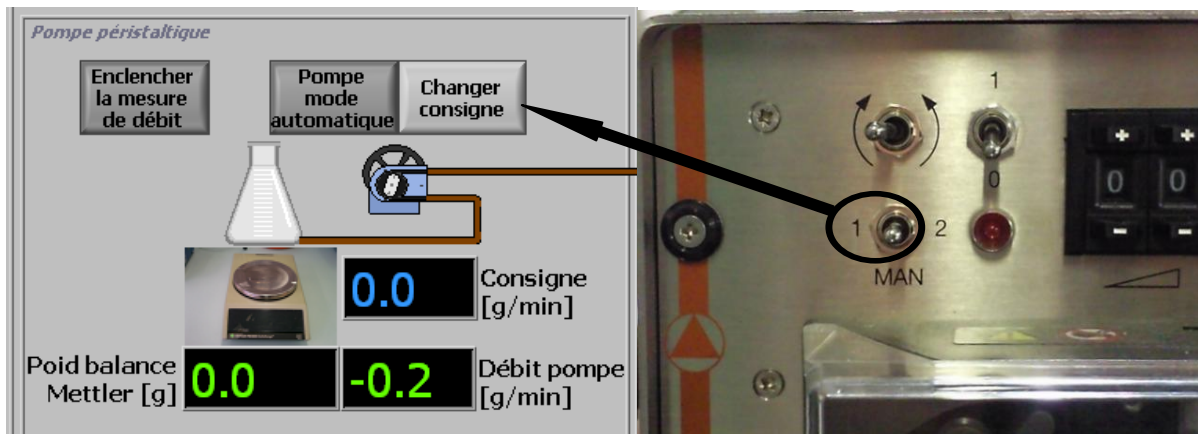
Mode d'emploi

Sécheur de poudre à lit fluidisé

TD 2009

Pour pouvoir régler le débit par le régulateur, il faut sélectionner la position « 1 » de l'interrupteur ci-dessous et mettre le bouton dans l'état « vanne mode automatique », ceci fait apparaître l'affichage de la consigne et permet d'activer le bouton permettant de changer cette consigne.

Le fonctionnement de la fenêtre permet le changement de consigne qui est expliqué plus loin.



Pour les deux étapes précédentes, suivre les instructions dans le sens inverse pour revenir à l'état initial.

TD 2009

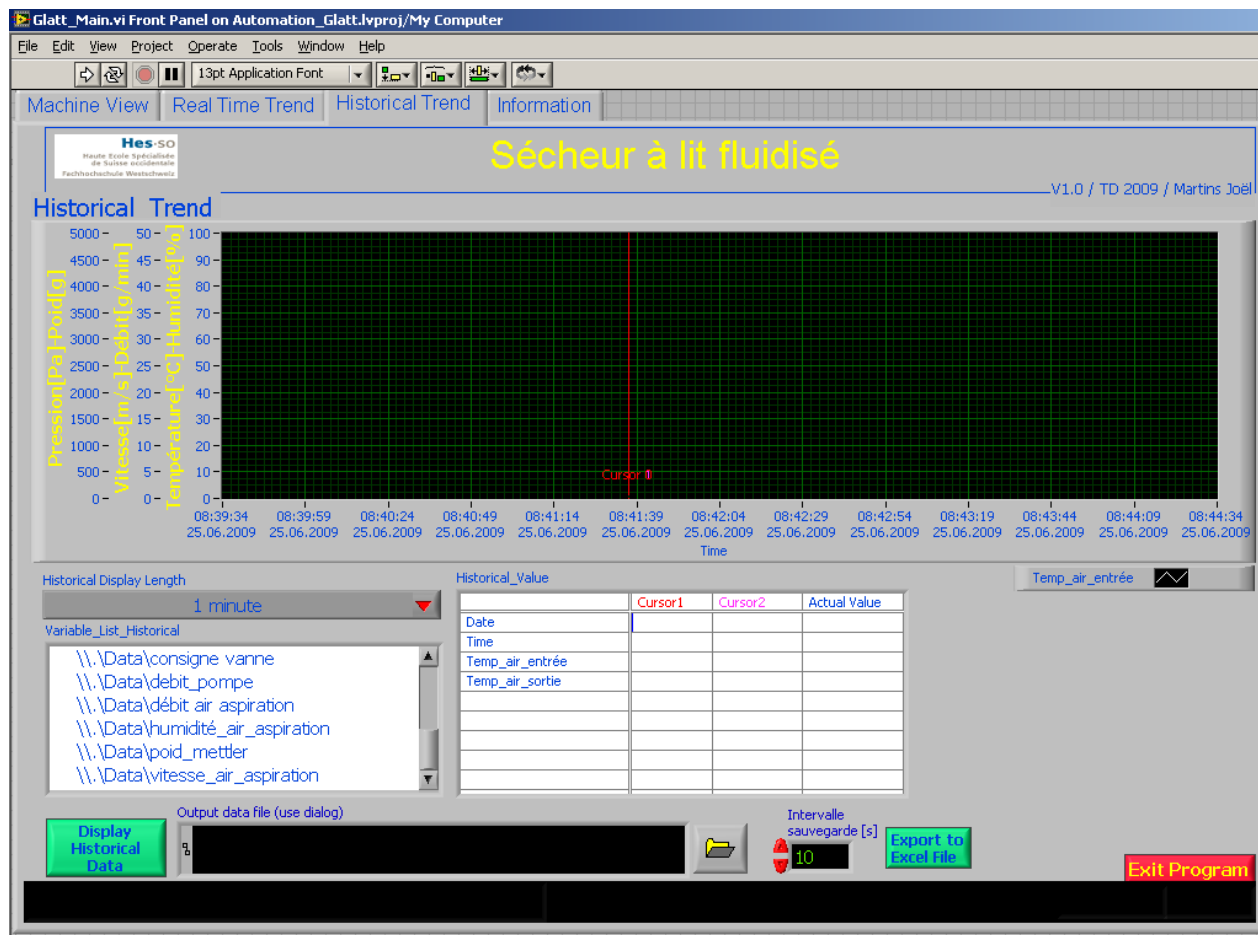
12 | Page

Mode d'emploi

Sécheur de poudre à lit fluidisé

TD 2009

4.3 Onglet « Historical Trend » :



Dans cet onglet, il est possible d'afficher les différentes valeurs sélectionnées par un double-clic devant leur nom dans la « Variable_List_Historical » sur la durée sélectionnée dans le menu déroulant « Historical_Display_Length ». Il est également possible d'exporter le graphe choisi dans un fichier excel.

1. Sélectionner par un double-clic la/les variables que l'on souhaite affichée(s) dans la « Variable_List_Historical ».

Mode d'emploi

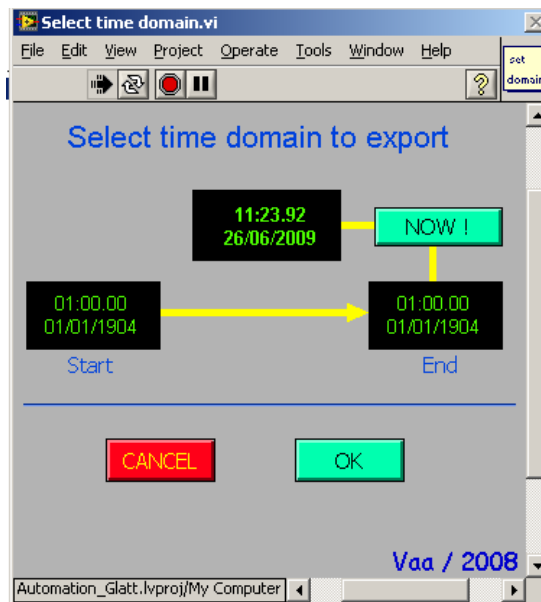
Sécheur de poudre à lit fluidisé

TD 2009

2. Sélectionner la fenêtre de temps sur laquelle les variables choisies seront affichées.



3. Appuyer sur le bouton « Display Historical Data » pour afficher les variables dans le graphe.
Si la fenêtre de temps est sélectionnée par une des valeurs numériques, alors le graphe affiche les variables dans une fenêtre de temps allant de maintenant à moins la valeur choisie.
Si « Choose » a été sélectionné, alors lorsque le bouton « Display Historical Data » sera activé, une fenêtre apparaît et permet de choisir librement la fenêtre de temps que l'on souhaite afficher :



A l'aide du clavier virtuel de Windows, la date et l'heure du début et de la fin de la fenêtre de temps désirée est sélectionnée.

Lors de l'appui sur ok, le graphe sera affiché dans l'onglet « Historical Trend ».

Mode d'emploi

Sécheur de poudre à lit fluidisé

TD 2009

(Optionnel)

4. Il est maintenant possible d'exporter le graphe affiché dans un fichier Excel.
Par défaut, le chemin d'enregistrement du fichier est « C:\Automation_Glatt\Data_Glatt.xls ».
Il est impératif de garder ce chemin lors de la création du fichier sans quoi le fichier ne se crée pas.
Cependant lors de l'appui sur « Display Historical Data », le chemin d'enregistrement se voit modifier comme suit :

« C:\Automation_Glatt\Data_Glatt_DDMMYY_hhmmss_hhmmss.xls »

DDMMYY: date correspondant au début de la fenêtre de temps

hhmmss : heure correspondant au début de la fenêtre de temps

hhmmss : heure correspondant à la fin de la fenêtre de temps

A l'aide du clavier virtuel de Windows il est possible de remplacer

« DDMMYY_hhmmss_hhmmss » par le texte que l'on veut.

5. Il faut ensuite choisir l'intervalle de temps entre chaque point sauvegardé dans le fichier Excel.
L'intervalle minimum est de 1 seconde, il faut entrer l'intervalle uniquement en seconde.
6. Appuyer sur le bouton « Export to Excel File » pour créer le fichier. Le fichier est créé dans le dossier « Automation_Glatt » accessible depuis le bureau par son raccourci.

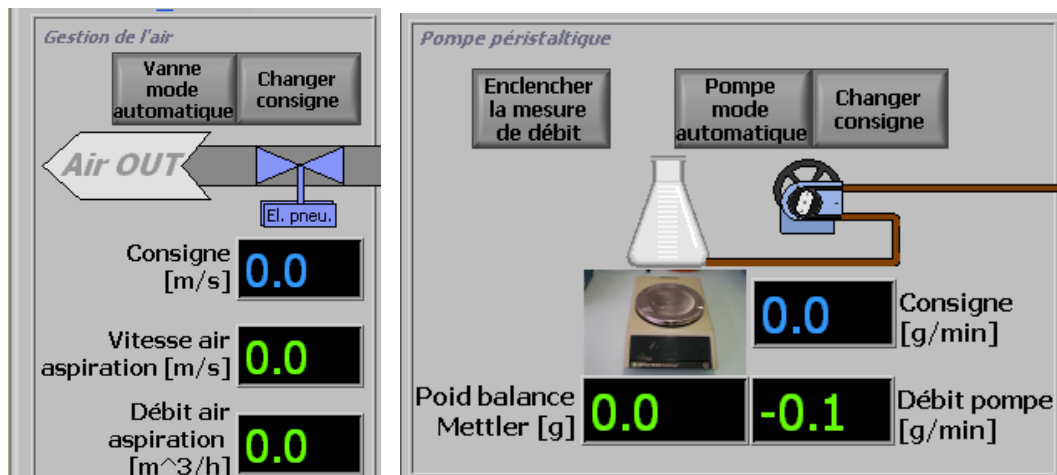
Mode d'emploi

Sécheur de poudre à lit fluidisé

TD 2009

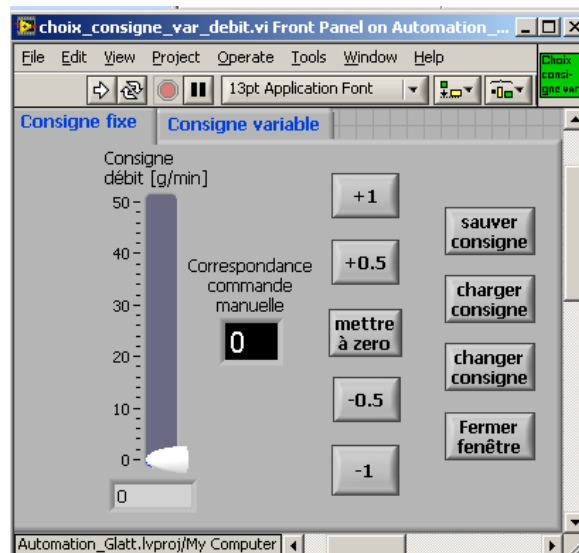
5. Changer la consigne

Lors de l'utilisation de la pompe ou du clapet en mode automatique, la consigne se change en faisant apparaître une fenêtre lors de l'appui sur le bouton « Changer consigne ».



Deux choix sont possible pour entrer une valeur de consigne.

5.1 Consigne fixe :



Pour modifier la valeur de la consigne, le slider ou les boutons « +1 », « +0.5 », « -0.5 », « -1 » et « mettre à zéro » sont à disposition.

« changer consigne » donne la consigne au programme principal

« sauver consigne » permet de mettre en mémoire la valeur de consigne actuel

« charger consigne » permet de réafficher la consigne enregistrer

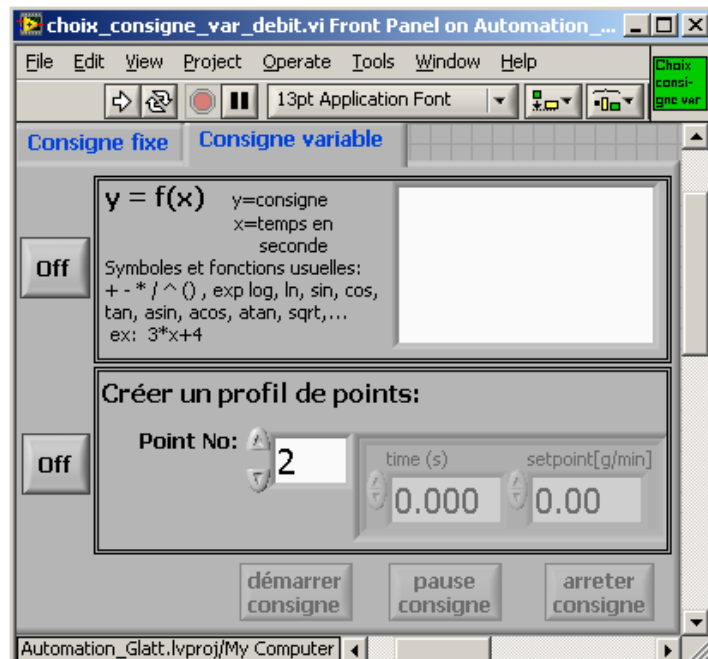
« Fermer fenêtre » ferme la fenêtre, laisser appuyer environ une seconde

Mode d'emploi

Sécheur de poudre à lit fluidisé

TD 2009

5.2 Consigne variable :



Lors de l'utilisation de la consigne variable, la première solution offre de pouvoir faire évoluer la consigne selon une fonction. Cette fonction est à entrer sans le « y = » et l'on dispose des fonctions mathématique de bases.

La seconde solution permet d'entrer un profil de points permettant de faire des consignes en escalier et/ou rampe. Il faut alors entrer chaque point en donnant le temps ou il intervient à partir de 0 seconde ainsi que sa valeur.

Pour entrer les différentes valeurs dans cette fenêtre il est préférable, voir indispensable d'utiliser le clavier virtuel de Windows.

« démarrer consigne » donne le départ de l'envoi de la consigne variable

« pause consigne » permet d'arrêter la consigne et de reprendre la ou l'on s'était arrêté.

« arrêter consigne » stop la consigne et lors du prochain démarrage la consigne repasse à 0.

Attention, lors du passage de l'onglet « Consigne variable » à « Consigne fixe », toute consigne actuellement en cour repasse à 0.